



ЗЕМЛЯ и ВСЕЛЕННАЯ

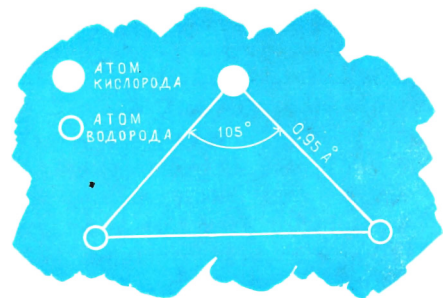
З

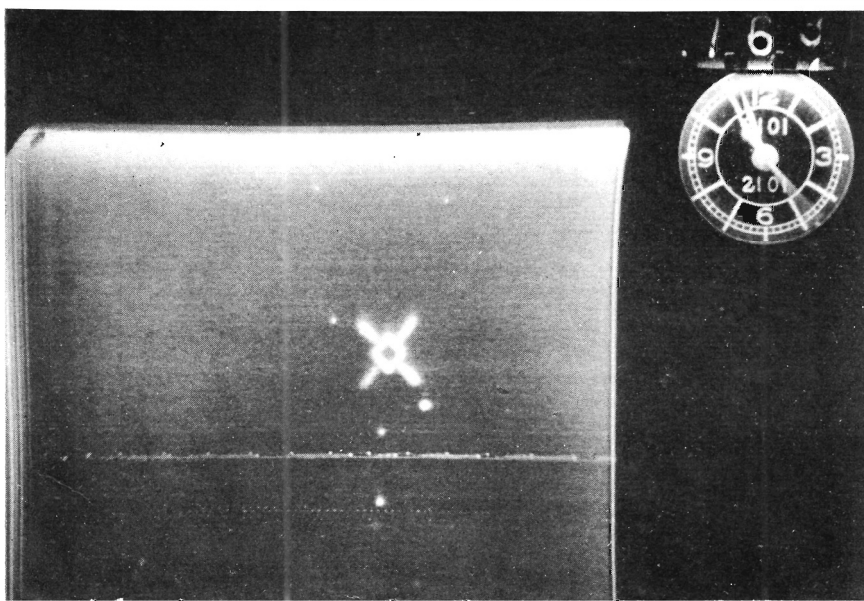
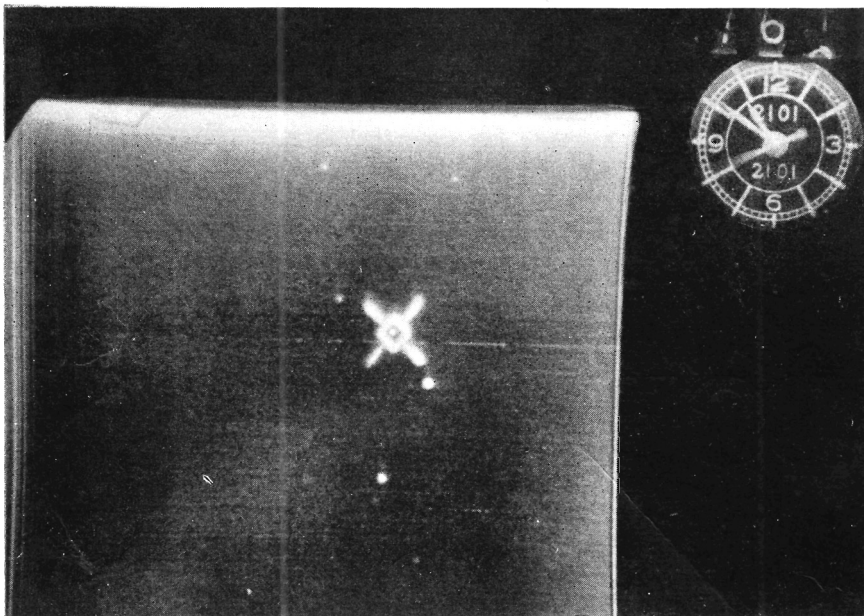
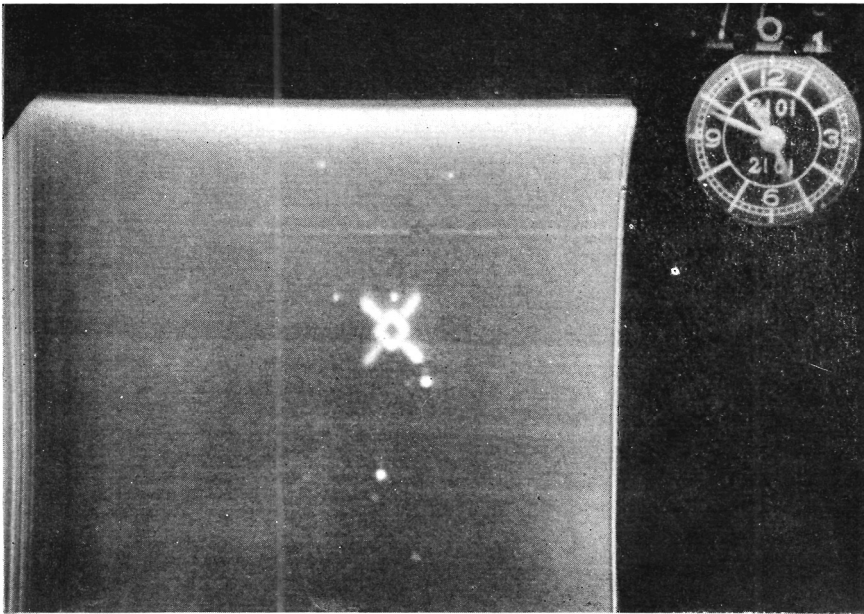
1969

АСТРОНОМИЯ

ГЕОФИЗИКА

ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА





Последовательные фотографии Икара, сделанные 18 июня 1968 г. с экрана телевизионной системы. Икар на этих фотографиях — единственный перемещающийся объект, блеск которого составляет 13,5 звездной величины. На центральном снимке он находится точно в «марке». В правом верхнем углу на снимках видны счетчик кадров и часы, которые фотографируются одновременно с телевизионным экраном [к статье С. П. Кондратьевой и др.]

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

Научно-популярный
журнал
Академии наук СССР

Основан в 1965 году

Выходит 6 раз в год



МАЙ — ИЮНЬ

3 1969

Издательство «Наука»
Москва

В НОМЕРЕ

- Я. Б. Зельдович — Горячая Вселенная 4
- И. А. Хвостиков — Самая удивительная на Земле жидкость — вода 12
- С. Б. Пикельнер — Межзвездный газ, космические и рентгеновские лучи 20
- Л. С. Кучмент, Е. П. Чемеренко — Гидрологические прогнозы и современная вычислительная техника 25
- С. П. Кондратьева, В. С. Самонов, В. Д. Шаргородский, Ю. А. Шокин — Оптико-телевизионные наблюдения Икара 33
- Т. Хелм — Торнадо 36
- ЛЮДИ НАУКИ**
- Феодосий Николаевич Красовский и развитие геодезии в нашей стране 44
- Александр Владимирович Марков 51
- ОБСЕРВАТОРИИ И ИНСТИТУТЫ**
- Е. Рыбка — Новая астрономическая обсерватория Ягеллонского университета в Кракове 53
- ДИСКУССИИ, ГИПОТЕЗЫ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ**
- И. А. Резанов — Палеомагнетизм горных пород и странствующие материки 58
- Г. Н. Петрова, А. Н. Храмов — Палеомагнетизм и дрейф континентов 65
- СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ**
- В. З. Рябой — Сейсмология взрывов изучает глубины Земли 70
- ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ**
- Н. Н. Михельсон — Любителям астрономии — о телескопах. V. Странички наблюдателя 81
- КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ**
- М. М. Дагаев — Звездный атлас Яна Гевелия 92
- КОСМИЧЕСКАЯ ФИЛАТЕЛИЯ**
- О. Л. Вайсберг — Полярные сияния на марках 94
- НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ**
- «Венера-5» и «Венера-6» достигли планеты Венера [3]; Оптический пульсар [11]; Переменная с ультракоротким периодом [24]; Сколько метеоритов падает на Землю? [32]; Метеорный кратер в Финляндии? [32]; Град... и доллар [43]; Дождь по заказу [43]; Пульсар открыт в Пуцино [57]; Хромосферные вспышки в октябре 1968 г. [57]; Всесоюзный гляциологический симпозиум [74]; Любительские фотографии солнечного затмения 22 сентября 1968 г. [88]; Вспыхнет ли в 1969—1970 году звезда Гевелия! [90]; Метеорная опасность вблизи Луны [96]; Какой дом лучше выдержит землетрясение! [96].
- На обложке: 1-я стр.— Фрагмент фрески Диего Ривера «Символ воды». Внизу — строение молекулы воды (к статье И. А. Хвостикова). 4-я стр.— Диффузная туманность «Розетка» в созвездии Единорога. Яркое кольцо светящегося газа — область H II (к статье С. Б. Пикельнера).

Высокая оценка труда советских ученых

В дни, когда наша страна переживает огромный подъем, готовясь к приближающейся знаменательной дате — 100-летию со дня рождения Владимира Ильича Ленина, произошло большое и радостное событие в жизни советской науки: высоких правительственных наград удостоены Академия наук СССР, Академия наук УССР, многие институты Академии наук СССР и республиканских академий, большая группа выдающихся ученых.

За достижения в развитии науки и культуры, укреплении экономики и оборонной мощи нашей страны Академия наук СССР награждена орденом Ленина. Первая и наиболее крупная из академий наук союзных республик — Украинская академия наук, которой недавно исполнилось 50 лет, также отмечена орденом Ленина за большие заслуги в развитии науки и культуры.

Накануне всенародного праздника 50-й годовщины Великой Октябрьской социалистической революции ряд крупнейших институтов Академии наук СССР были награждены орденами. Теперь награждены многие другие институты Академии наук СССР и республиканских академий, внесшие значительный вклад в науку и подготовку высококвалифицированных научных кадров. Орденом Ленина награждены Институт автоматики и телемеханики (технической кибернетики) Министерства приборостроения, средств автоматизации и систем управления СССР и Академии наук СССР, а также Институт кибернетики Академии наук Украинской ССР.

Среди институтов, награжденных орденом Трудового Красного Знамени — Геологический институт Академии наук СССР, Институт радиотехники и электроники Академии наук СССР, Дальневосточный научно-исследовательский гидрометеорологический институт, Институт вулканологии Сибирского отделения Академии наук СССР, Институт геофизики Уральского филиала Академии наук СССР, Научно-исследовательский радиофизический институт Горьковского государственного университета имени Н. И. Лобачевского, Институт кибернетики с вычислительным центром Академии наук Узбекской ССР, Институт геологии Академии наук Киргизской ССР, Институт астрофизики Академии наук Таджикской ССР, Институт геофизики и инженерной сейсмологии Академии наук Армянской ССР и ряд других крупных научных коллективов нашей страны.

Большой группе видных ученых, имеющих выдающиеся достижения и создавших крупные научные школы, присвоено высокое звание Героя Социалистического Труда. Среди награжденных — академик Академии наук Украинской ССР Николай Павлович Барабашов, академик Николай Геннадиевич Басов, академик Владимир Александрович Котельников, академик Юрий Владимирович Линник, академик Александр Иванович Опарин, академик Ян Вольдемарович Пейве, академик Иван Георгиевич Петровский, академик Александр Михайлович Прохоров, доктор геолого-минералогических наук Екатерина Александровна Радкевич, академик Дмитрий Владимирович Скобельцын и многие другие замечательные ученые.

Редколлегия, авторский коллектив и читатели «Земли и Вселенной» сердечно поздравляют награжденных и желают им новых творческих успехов в самоотверженном труде на благо нашей Родины.

«ВЕНЕРА-5» И «ВЕНЕРА-6» ДОСТИГЛИ ПЛАНЕТЫ ВЕНЕРА

В Советском Союзе последовательно и успешно проводится в жизнь начатая в 1961 году программа изучения Венеры автоматическими аппаратами. В мае 1969 года нашей страной вписана новая замечательная страница в истории освоения Венеры.

16 мая 1969 года советская автоматическая станция «Венера-5», преодолев за 130 дней полета расстояние около 350 млн. км, успешно завершила межпланетный космический рейс и совершила плавный спуск в атмосфере Венеры. В ходе спуска, который длился 53 минуты, находящиеся на борту научные приборы измеряли параметры атмосферы Венеры и высоту аппарата над поверхностью планеты. Бортовой радиокомплекс обеспечил бесперебойную передачу этих измерений на Землю. Полученные важные научные данные об атмосфере Венеры обрабатываются в институтах Академии наук СССР.

17 мая 1969 г. советская автоматическая станция «Венера-6» также завершила полет по трассе Земля — Венера. Станция вошла в атмосферу планеты примерно в 300 км от места входа станции «Венера-5». Спускаемый аппарат плавно снижался в атмосфере в течение 51 минуты. Во время спуска проводились измерения параметров атмосферы. Данные передавались в центр космической связи. Обе станции доставили на Венеру вымпелы с барельефом Владимира Ильича Ленина и изображением Государственного герба Советского Союза. Во время полета, который продолжался более четырех месяцев, автоматические станции «Венера-5» и «Венера-6» провели важные исследования физических процессов, протекающих в межпланетном пространстве. Это достигнуто благодаря постоянной и успешной связи со станциями. С «Венерой-5» было проведено 73, а со станцией «Венера-6» 63 сеанса радиосвязи.

В продолжение всего полета бортовые системы и научная аппаратура станций работали безотказно. Были обеспечены необходимый тепловой режим в отсеках станций, постоянная ориентация их солнечных батарей на Солнце, а при сеансах радиосвязи — ориентация параболических остронаправленных антенн на Землю. Все это свидетельствует о высоком научном и техническом уровне автоматических станций.

Надежная работа всех бортовых систем станций обеспечила выполнение заданной программы их полета к Венере и плавного снижения аппаратов в атмосфере планеты.

Спускаемые аппараты станций совершили спуск в атмосфере планеты, как и было предусмотрено, на ее ночной стороне. Научная аппаратура, находящаяся на борту аппаратов, в процессе спуска измеряла химический состав, давление, плотность и температуру атмосферы Венеры. Впервые в мире научные исследования атмосферы Венеры были проведены фактически одновременно в двух ее районах.

Создание и полет автоматических станций «Венера-5» и «Венера-6» ярко демонстрируют высокое совершенство советской космической науки и техники, талант ученых, конструкторов, мастерство инженеров, техников и рабочих. Новый выдающийся успех советской космонавтики, достигнутый в преддверии 100-летия со дня рождения В. И. Ленина, — замечательное свидетельство научно-технического прогресса Советской страны, творческого энтузиазма ее народа, достойный вклад в освоение космического пространства.

ГОРЯЧАЯ

ВСЕЛЕННАЯ

И. Б. ЗЕЛЬДОВИЧ
академик

В 1965 г. было открыто равновесное электромагнитное излучение с температурой около 3°K , заполняющее Вселенную. Это излучение свидетельствует, что в прошлом, когда в расширяющейся Вселенной плотность вещества была велика, была также велика и температура — Вселенная была горячей.

В последние годы существенно изменились наши взгляды на то, из каких материальных частиц состоит окружающий нас мир. В результате радиоизмерений было установлено, что наиболее многочисленны в нашей Вселенной не атомы, протоны и ядра, а электромагнитные кванты — кванты радиочастот.

На первый взгляд возникает сомнение: а можно ли вообще ставить вопрос о том, сколько квантов приходится на один атом или на одно ядро. Ведь всем известно, что число квантов непостоянно, так как при излучении света рождаются новые и новые кванты. Понадобилось тщательно, скрупулезно исследовать весь спектр излучения Вселенной, чтобы выявить те кванты, о которых можно определенно говорить, что они не родились в звездах или радиогалактиках, что это действительно первичные кванты. Удалось также оценить, сколько квантов приходится в среднем на один атом в окружающей нас Вселенной.

Спектр излучения Вселенной распадается на три различные части. Это — радиоволны, испускаемые радиоисточниками и радиогалактиками, излучение обычных звезд и излучение промежуточного между ними участка спектра (частоты 10^9 — 10^{12} *гц*).

Качественное различие между тремя частями спектра излучения Вселенной видно не только на самом спектре, оно непосредственно вытекает из следующих соображений. Свет от звезд представляет собой отдельные пучки. Если мы направим телескоп на звезду

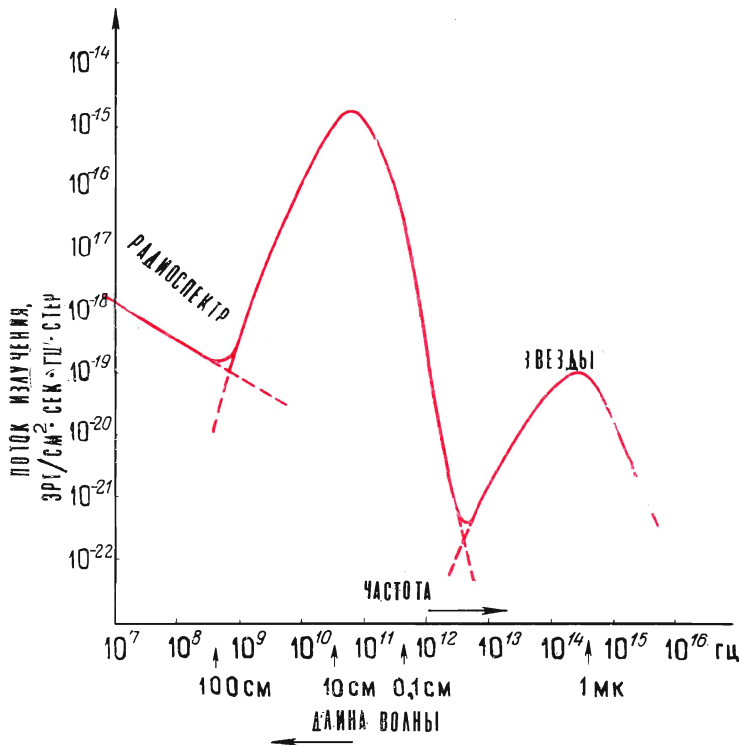
или туманность, то увидим свет звезды или туманности. Если же телескоп будет направлен на участок неба, где нет звезд и туманностей, то света, естественно, мы не увидим. Эти же рассуждения справедливы и в отношении радиоизлучения, поскольку радиоизлучение — это пучки радиоволн, которые приходят к нам от отдельных объектов. Излучение с частотой 10^9 — 10^{12} *гц* замечательно тем, что оно равномерно заполняет небесную сферу. Следовательно, его уже нельзя приписать действию каких-то отдельных источников. Это излучение оказалось первичным излучением Вселенной.

Экспериментальные измерения спектра первичного излучения проводились на частотах примерно 10^9 — 10^{11} *гц*. Эти измерения хорошо соответствуют равновесному излучению с температурой 3°K (т. е. излучению, которое должно быть в полости, окруженной стенками с температурой 3°K).

Итак, непосредственно из измерений следует, что во Вселенной на один атом приходится миллиард квантов. Но энергия квантов настолько мала, что обнаружить их очень трудно. Так почему же нас интересует именно это излучение? Да потому, что мы сопоставляем наличие такого излучения с представлением о расширяющейся Вселенной, с представлением о горячей Вселенной.

В нескольких словах я напомним, что все окружающее нас пространство более или менее равномерно заполнено отдельными галактиками. Мы уже давно отказались от представления об островной Вселенной, о

Мы публикуем с небольшими сокращениями доклад, с которым автор выступил на Общем собрании Академии наук СССР 27 ноября 1968 г.



СПЕКТР ИЗЛУЧЕНИЯ ВСЕЛЕННОЙ. Заметно резкое разделение спектра на три части: правая часть принадлежит излучению звезд; левая — излучению радиогалактик и радиогалактик; средняя представляет собой первичное излучение горячей Вселенной. Справа внизу, за пределами рисунка, остались не показанными рентгеновское и гамма-излучение

том, что наша солнечная система или наша Галактика являются единственными. Мы считаем, что наша Галактика — лишь одна из очень большого числа галактик. А когда стало ясно, что Вселенная заполнена галактиками, возник вопрос: как должны двигаться галактики, могут ли они находиться в покое? И на этот вопрос смогла ответить только теория относительности Альберта Эйнштейна. Практически применил эту теорию к задачам космологии Александр Александрович Фридман. В 1922—1924 гг. А. А. Фридман показал, что если пространство равномерно заполнено массивными телами, между которыми действует закон всемирного тяготения, то такая система не может быть в состоянии покоя, у нее нет устойчивого равновесия. Такая система обязательно должна находиться в динамическом состоянии, т. е. расширяться или сжиматься.

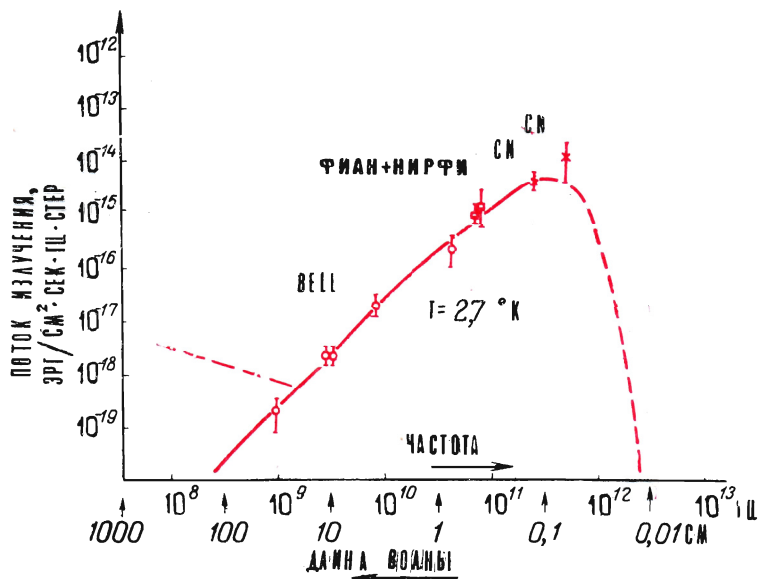
И на самом деле, исследования подтверждают, что в том «единственном экземпляре Вселенной», который мы наблюдаем, происходит расширение всей Вселенной. Фактически мы наблюдаем удаление галактик друг от друга. Чем дальше находится галактика, тем с большей скоростью она удаляется от

нас. Наблюдаемые скорости удаления галактик достигают 100 000 км/сек, а самых далеких квазаров (недавно открытых ярких объектов) — 250 000 км/сек, т. е. квазары удаляются от нас со скоростью, близкой к скорости света.

После того как было открыто первичное излучение, стало ясно, что расширяется не только система галактик, расширяется излучение, которое пронизывает все галактики и все пространство. Расширение этого излучения означает, что с течением времени уменьшаются средняя концентрация и энергия квантов, понижается температура излучения. Но если температура с течением времени снижается, то в прошлом она была выше, чем сейчас, т. е. Вселенная в прошлом была горячее. Если сейчас температура равна примерно 3° К, то 9 млрд. лет назад она составляла 100° К, 9,9 млрд. лет назад — 3000° К, 9,99 млрд. лет назад — 100 000° К! Итак, мы приходим к выводу, что Вселенная в прошлом была горячее.

В классической теории А. А. Фридмана, которая объясняет расширение Вселенной и разбегание галактик, предполагается, что существовал момент особого (син-

СПЕКТР ПЕРВИЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ. На кривой, построенной при условии, что первичное излучение является равновесным с температурой около 3°K , показаны измерения излучения на отдельных частотах: точка Bell — первое измерение первичного излучения, выполненное сотрудниками фирмы «Bell» США; точка ФИАН + НИРФИ — измерение, проведенное советскими радиоп физиками. Две точки (отмечены крестом) получены путем наблюдения межзвездных линий поглощения циана. Пунктиром показана гипотетическая часть кривой, где измерения пока не проводились



гулярного) состояния, когда была бесконечно большой плотность вещества. Согласно наблюдениям, такой момент был около 10 млрд. лет назад.

Этот факт ясен из следующего рассуждения. Галактика, находящаяся от нас на определенном расстоянии, удаляется с определенной скоростью. Легко подсчитать, когда она начала удаляться, чтобы на сегодняшний момент, удаляясь с данной скоростью, она оказалась на данном расстоянии. Это время для всех галактик одинаково. Таким образом, все галактики в один момент начали удаляться друг от друга. Время, прошедшее с начала расширения, называют «возрастом Вселенной», а правильнее было бы называть его «длительностью современного этапа существования Вселенной». Этот этап начинается, по теории А. А. Фридмана, с того момента, когда плотность вещества и температура бесконечны.

Таким образом, мы имеем подобие взрыва. При взрыве тоже происходит разлет, расширение вещества. Но есть одно качественное различие между космогоническим взрывом и взрывом какого-либо вещества или взрывами в ядрах галактик*. Обычно

взрыв происходит так: где-то имеется область очень высокого давления горячего газа, окруженная пустотой, и именно разность давлений порождает ту силу, которая приводит к расширению вещества.

Во Вселенной нет разности давлений: высокое давление и высокая температура распределены равномерно в пространстве. Следовательно, такой взрыв и такой характер движения во Вселенной мы должны приписать определенным начальным условиям движения, а не действию разности давлений.

Я позволю себе остановиться на истории вопроса. Гипотеза о горячей Вселенной была высказана в 1947 г. Георгием Антоновичем Гамовым. Сейчас можно подвести итог жизни этого одаренного, но вместе с тем и жалкого человека. Перед войной Г. А. Гамов покинул Родину и в августе 1968 г. умер на чужбине, одинокий, без друзей и без научной школы.

В 1964 г. И. Д. Новиков и А. Г. Дорошквич рассчитали весь спектр излучения Вселенной и отметили, что для проверки теории горячей Вселенной надо измерять излучение в области сантиметровых и миллиметровых волн. Именно в этой области спектра первичное излучение, оставшееся от

* Подробнее об этом см. статью В. А. Амбарцумяна «Ядра галактик». «Земля и Вселенная», № 2, 1969 г.

расширения горячей Вселенной, превосходит излучение звезд и излучение радиоисточников.

Независимо Р. Дике и его сотрудники (США) попытались проверить теорию Г. А. Гамова. Любопытно, что раньше, чем Р. Дике успел провести наблюдения, инженеры фирмы «Bell» (США), исследуя шумы при отладке космической радиосвязи, обнаружили непонятный, не зависящий от направления антенны шум. Р. Дике узнал об этих измерениях и дал им объяснение. Так, в 1965 г. появилась первая экспериментальная точка в спектре первичного излучения. Потом были выполнены измерения первичного излучения на других частотах. В результате стало известно, что во Вселенной количество квантов огромно — гораздо больше, чем атомов.

Какие выводы из этого можно сделать? Расширение Вселенной началось с очень большой плотности и очень высокой температуры. В самый ранний период Вселенная, можно сказать, представляла собой лабораторию высоких энергий и высоких температур. Причем был такой момент, когда средняя энергия частиц во Вселенной во много раз превосходила энергию, которую

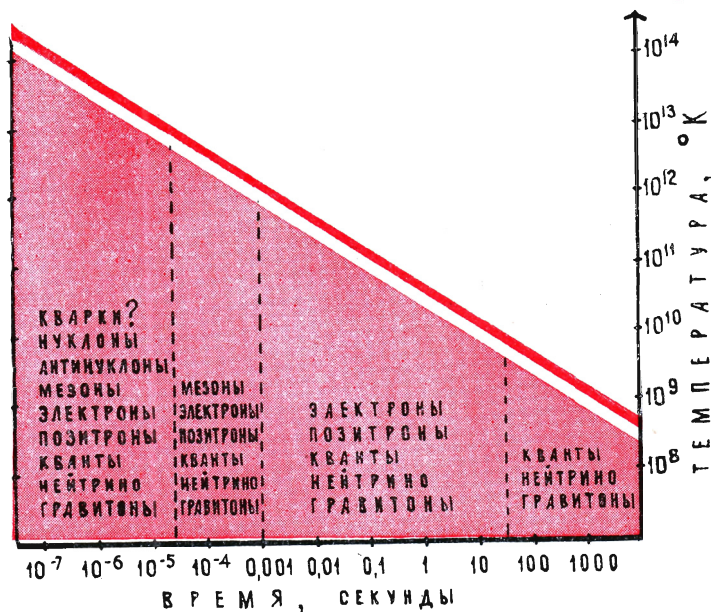
сейчас можно получить в Дубне или на серпуховском ускорителе. К сожалению, Вселенная тогда была такой горячей, что ни один наблюдатель не мог быть очевидцем описываемых событий.

При очень высокой температуре могут существовать нуклоны, антинуклоны и все их возбужденные состояния («резонансы»). По мере расширения и снижения температуры частицы и античастицы аннигилируют, т. е. «вымирают». На сегодняшний момент во Вселенной остались кванты, которые мы наблюдаем, а также нейтрино и гравитоны, которые современными средствами мы наблюдать не можем и, вероятно, не сможем еще много лет. Такова картина охлаждения частиц высоких энергий.

Но если в природе могут существовать какие-то стабильные частицы с большой массой, то в небольшом количестве они должны прийти и к нам.

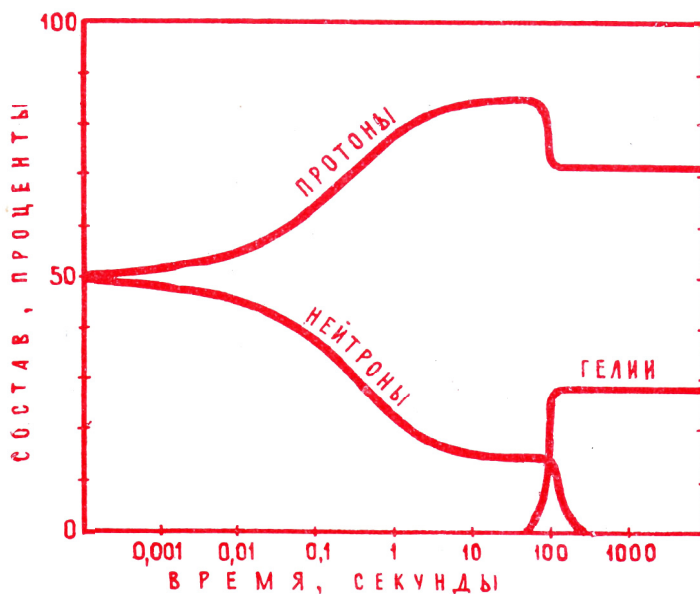
Таким образом, космология может помогать и помогает физике высоких энергий и даже позволяет сделать некоторые выводы о таких энергиях, какие на ускорителях реально еще не достигнуты.

Итак, с течением времени во Вселенной все частицы вымирают, остаются только кванты. С точностью до $1/100\,000\,000$ — это правильно. Но в действительности на каждые 100 млн. квантов приходится один



ИЗМЕНЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И СОСТАВА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ ВО ВСЕЛЕННОЙ по мере ее расширения и охлаждения. Почти все частицы высоких энергий при охлаждении «вымирают». Остаются лишь кванты, нейтрино, гравитоны и не показанное на рисунке малое количество протонов, нейтронов и электронов

ИЗМЕНЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ПРОТОНОВ И НЕЙТРОНОВ во Вселенной по мере снижения температуры и образования гелия в ходе ядерных реакций



протон или нейтрон. Эти частицы сохраняются потому, что им — оставшимся частицам — не с чем аннигилировать (вначале нуклоны, протоны и нейтроны аннигилировали со своими античастицами). Их мало, но именно из этих частиц, а не из квантов состоят Земля и планеты, Солнце и звезды. Поэтому, несмотря на то, что протонов и нейтронов остается очень мало, нам интересно проследить их историю.

В момент, когда температура составляла около 100 млрд. °К, протонов и нейтронов было приблизительно поровну. При снижении температуры нейтроны, которые тяжелее протонов, распадались и их становилось меньше, а протонов — больше. Количество протонов увеличивалось, а количество нейтронов уменьшалось до 15%. При еще более низкой температуре (около 1 млрд. °К) создавались условия, в которых протоны и нейтроны объединялись в ядра. В результате, как показывают расчеты, образовалось 30% гелия и 70% водорода. Этот состав получился на космологической стадии ядерного синтеза вещества.

Вызывает изумление, как можно с такой определенностью рассуждать о том, что происходило через сотые доли секунды или через секунду после начала расширения Вселенной. В основе рассуждений есть одно произвольное предположение — предположение об однородности распределения вещества в пространстве. Дальнейшие выводы (изменение тем-

пературы со временем, ход ядерных реакций) с необходимостью следуют из законов механики, термодинамики и ядерной физики, т. е. тех законов, которые мы изучаем в лаборатории.

Итак, в результате космологической стадии ядерного синтеза вещества образуется 30% гелия и 70% водорода. По-видимому, таков начальный состав самых старых звезд.

Любопытно, что Г. А. Гамов придумал теорию горячей Вселенной, чтобы объяснить распространность различных химических элементов. Почему, например, железа больше, чем меди или урана, а водорода больше, чем железа? Но оказалось, что на космологической стадии не появляются ни железо, ни кремний, ни кислород. Образуются только водород и гелий, которые и входят в состав звезд. Все остальные, более тяжелые, элементы возникли в результате тех процессов, которые происходят в звездах. В межзвездное пространство эти элементы были выброшены при взрывах звезд.

Но вернемся к расширяющейся Вселенной. После стадии ядерных реакций протекает «спокойная» стадия расширения и медленного снижения температуры. Эта стадия продолжается примерно 1 млн лет и заканчивается, когда температура становится настолько низкой (около 3500° К), что протоны и ядра гелия уже могут захватывать электроны и превращаться в нейтральные атомы. Если при высокой температуре мы имеем плазму,

в которой ионы и заряженные частицы перемешаны с излучением, то при более низкой температуре имеются излучение и нейтральные атомы. Только с момента образования нейтральных атомов появляется возможность для сгущивания их в галактики, т. е. начинается современный этап эволюции Вселенной, на котором я не буду подробно останавливаться.

Несколько слов о теоретических задачах, которые стоят сейчас перед космологией. Основа всей космологии — релятивистская теория тяготения, созданная А. Эйнштейном. Грубо эту теорию можно свести к следующему. Во-первых, комплекс пространство-время может быть кривым — неевклидовым; во-вторых, массы должны искривлять пространство-время. Но если Солнце искривляет пространство, то в этом пространстве и Земля движется не так, как в плоском пространстве. В плоском пространстве она перемещается по прямой, а в искривленном — по круговой орбите.

Но чтобы построить релятивистскую теорию тяготения, нужно еще представление об упругости вакуума. Массивное тело стремится искривить пространство, но у пространства есть своя упругость, и благодаря ей пространство «сопротивляется» искривлению. Константа тяготения выражается через упругость вакуума. В сущности, со времени Ньютона гравитационная постоянная (а следовательно, упругость вакуума) рассматривалась как отдельная фундаментальная константа природы со своей размерностью, и Эйнштейн не изменил эту сторону дела.

Академик Андрей Дмитриевич Сахаров считает, что упругость пространства можно объяснить и вычислить на основе теории элементарных частиц. Я не буду подробно рассказывать об этой теории, а только поясню ее примером. В XIX в. упругость железа была отдельной константой, которую измеряли и заносили в справочники, ее не выводили теоретически. Сейчас, зная из чего состоят атомы железа, мы, в принципе, можем вычислить упругость железа, основываясь на данных об элементарных частицах, ядрах и электронах. Можно сказать, что теория А. Д. Сахарова стремится к той же цели. Согласно этой теории, упругость вакуума можно вычислить, исходя из представлений об элементарных частицах и квантовой теории.

Новая теория тяготения может оказаться очень важной для проблемы особого сингулярного состояния Вселенной, которое предшествует расширению. Возможно, с позиций этой теории удастся объяснить, как могла Вселенная проходить через особое состояние и почему именно это состояние было начальным для современного этапа расширения Вселенной.

Вот одна группа вопросов, очень глубоких и очень трудных, на быстрое решение которых рассчитывать не приходится.

Другая группа вопросов связана с малыми отклонениями от картины расширяющейся Вселенной, данной А. А. Фридманом. Эти отклонения, несомненно, должны существовать. Если бы их не было, то вещество оставалось бы однородно распределенным и до настоящего времени. На самом деле вещество распределено неоднородно: есть звезды, галактики. Общую теорию развития малых отклонений от теории А. А. Фридмана разработал более 20 лет назад член-корреспондент АН СССР Евгений Михайлович Лившиц. Он показал, что под действием взаимного притяжения появляется тенденция к росту возмущений, к выделению из общей однородной среды отдельных более плотных образований. Затем из этих неоднородностей формируются галактики. В настоящее время над вопросами образования галактик работают Л. М. Озерной, А. Д. Чернин, А. Г. Дорошкевич, И. Д. Новиков; за границей — Дж. Силк, П. Пиблс и другие. Важные выводы о количестве газа между галактиками были сделаны недавно Р. А. Сюняевым.

Мы наблюдаем величественное первичное излучение. Это излучение с большой точностью (около 0,1%) равномерно распределено по всему небу. Но если нам удастся увеличить точность наблюдений, то, может быть, мы сумеем обнаружить небольшие колебания интенсивности первичного излучения. Эти малые колебания помогут нам найти места, где зарождаются галактики.

Наиболее точные измерения интенсивности первичного излучения по всему небу выполнил Ю. Н. Парийский в Пулковской обсерватории. Но отклонений от равномерного распределения он не обнаружил. Рассчитывать на успех можно, лишь повысив точность, с которой проводил наблюдения Ю. Н. Парийский, в десятки раз.

Спектр первичного излучения измерен далеко не полностью. Если нам удастся обнару-

жить отклонения спектра от теоретического равновесного, тогда мы сможем сказать, что происходили какие-то мощные процессы выделения энергии, и сможем определить, на какой стадии эволюции выделялась энергия. В частности, предстоит выяснить, происходила ли после рекомбинации вторичная ионизация и нагрев газа уже в более близкое к нам время. Чтобы ответить на этот вопрос, необходимо аккуратно промерить спектр первичного излучения в области, лежащей между радиоволнами и инфракрасными волнами. А для этого нужна совершенно новая экспериментальная техника, поскольку наблюдения в этой области нельзя проводить с Земли из-за атмосферного поглощения. В литературе появляются первые, еще недостоверные сообщения о таких измерениях, разрабатывается более совершенная аппаратура.

Важная работа по наблюдению рентгеновского и ультрафиолетового излучения, приходящего из Вселенной, ведется С. Л. Мандельштамом и В. Г. Куртом.

На наших глазах космология превращается из умозрительной науки в наблюдательную. Метод эксперимента, хотя и медленно, но зато все более определенно завоевывает одну позицию за другой и проверяет гипотезы, которые высказывают теоретики.

Я хочу напомнить, что наша страна была колыбелью научной теории космологии, работы А. А. Фридмана были первыми работами по современной космологии. В последние годы космология, как и вообще астрономия, достигла значительных успехов. Наша страна первой вышла в ближний космос. Она должна и может занять достойное место в изучении дальнего космоса и Вселенной.



ОПТИЧЕСКИЙ ПУЛЬСАР

Мы уже сообщали, что в Крабовидной туманности открыты два пульсара. После уточнения их координат оказалось, что один пульсар — NP 0527 — расположен в $1^{\circ}5'$ от туманности, угловые размеры которой всего $6'$. Координаты другого пульсара — NP 0532 — в пределах ошибки измерений ($\pm 25''$) совпадают с центром туманности. Среди известных сейчас пульсаров NP 0527 замечателен своим самым длинным периодом, равным 3,74549 секунды, а NP 0532, напротив, — самым коротким, составляющим всего лишь 0,033089 секунды. Импульсы NP 0532 распадаются на два, следующих через 13,5 миллисекунды, субимпульса длительностью 3 миллисекунды. Амплитуда первого субимпульса в 2 раза больше второго.

В центре Крабовидной туманности находится очень интересный объект 17-й звездной величины, по виду не отличающийся от звезды. В 1921 г. К. Лампланд, а позднее неоднократно и другие наблюдатели замечали вблизи этой «звезды» светлые «жгуты». Возникающие периодически, примерно раз в три месяца, «жгуты» движутся со скоростью 30 000 км/сек и, удалившись на расстояние 1,5 млрд. км от «звезды», исчезают. Согласно современным представлениям, появление «жгутов» свя-

зано с выбросом частиц высокой энергии, вызывающих свечение туманности. По-видимому, именно этот звездообразный объект вспыхнул в 1054 г. как Сверхновая.

Казалось заманчивым связать пульсар с бывшей Сверхновой, однако точность измерения координат была недостаточной для уверенного отождествления. Подтверждение пришло с другой стороны: объект, считавшийся ранее хотя и необычной, но все же звездой, оказался оптическим пульсаром!

В конце 1968 г. У. Кок, М. Дисней и Д. Тейлор (США) впервые наблюдали оптическое импульсное излучение от центральной части Крабовидной туманности. Затем Р. Линдс, С. Маран, Д. Трюмбо и Г. Груэфф (США) с помощью более совершенной аппаратуры установили, что оптическое импульсное излучение связано с бывшей Сверхновой. Форма и период оптических импульсов совпадают с формой и периодом радиоимпульсов, что и позволило отождествить оптический пульсар с NP 0532.

В максимуме звездная величина первого субимпульса достигает $13^m,9$, второго $15^m,4$. Между импульсами «звезда» не излучает; в это время наблюдается только фон от туманности. Таким образом, «звездой» ее

можно называть лишь условно, так как наблюдаемое от нее излучение — импульсное и, следовательно, имеет совершенно иную природу, чем излучение звезд. «Звезда» уменьшает свой блеск: ее средняя звездная величина, измеренная Линдсом, равна $16^m,5$, в то время как 25 лет назад, согласно В. Бааде, «звезда» была ярче на одну звездную величину. Спектр оптического пульсара непрерывный, без линий поглощения или излучения.

NP 0532 — первый пульсар, у которого наблюдалось оптическое излучение. Сообщение о наблюдении оптических импульсов от пульсара CP 1919 (см. «Земля и Вселенная», № 5, 1968 г., стр. 50) при более тщательном исследовании не подтвердилось.

Пульсар NP 0532 обладает еще одной замечательной особенностью: его период возрастает на 38 наносекунд в сутки. У других пульсаров — CP 1919, CP 0950, CP 1133 и CP 0834 — также замечено увеличение периода, правда, несравненно более медленное: на 10^{-6} – 10^{-7} секунды в год. Столь незначительное увеличение периода удалось обнаружить благодаря длительным (больше года) наблюдениям этих пульсаров. Весьма вероятно, что период увеличивается у всех пульсаров. Это может быть связано с замедлением вращения нейтронной звезды.

В. А. СОГЛАСНОВ

Самая удивительная на Земле жидкость — вода

И. А. ХВОСТИКОВ
профессор

Удивительно разнообразны свойства воды. Интересной считают эту жидкость и физики, и химики, и геологи, и астрофизики. Каждое из ее свойств не обычно и не похоже ни на что другое в природе.

Название нашей статьи взято из работы выдающегося советского геохимика, исследователя истории Земли, ее образования, академика А. П. Виноградова. В своем очерке «Химия планет» он писал: «Действительно, вода — самая удивительная жидкость, с которой встречается человек».

Удивительна уже многогранность проблемы воды. Особо интересной, имеющей главное значение для природы, считают эту жидкость и физики, и биологи, и геофизики, и географы, и астрофизики... Но совсем поразительно то, что каждая из этих многочисленных граней сама по себе не обычна, не похожа ни на что другое в природе. Для физиков и химиков вода — это вещество, занимающее особое место среди миллиона веществ, известных науке: почти все физические и химические свойства воды — нечто исключительное, не обычное в природе. Физик укажет, что если объем всех твердых тел при плавлении увеличивается и они тонут в своем расплаве, то для воды характерно другое — лед плавает в воде. Для химика одной из поразительных особенностей воды является ее способность растворять в себе всевозможные вещества; в природе не существует другой жидкости, равной воде в этом отношении. Физиолог напомним, что обмен веществ в организме человека возможен только в том случае, если продукты обмена растворены, а основной рас-

творитель для них — вода; все жизненно важные процессы идут в организме в водных растворах. Для географа вода — строитель природы. Облик Земли постоянно меняется, и в этом сказывается огромная рельефообразующая работа воды. А знаменитый советский геохимик и геофизик академик В. И. Вернадский, чье имя теперь носит Институт геохимии Академии наук СССР, писал в «Истории природных вод» в 1933 г., что «мы не знаем в природе ни одного твердого тела, которое не заключало бы в своем составе воды». Метеоролог сошлется на круговорот воды в природе, составляющий главный процесс в биосфере Земли. Физико-химик отметит исключительно большое поверхностное натяжение воды, благодаря чему в очень тонких трубках (капиллярах) вода может подниматься на несколько метров. Вместе с огромной способностью растворять в себе соли, это свойство капиллярности воды делает возможным земледелие: поднимающаяся из почвы по капиллярам растений вода снабжает питательными растворами всю растительность, в том числе и самые высокие деревья. А астрофизики и биохимики считают, что сама жизнь на Земле своим зарождением обязана воде. Согласно гипотезе академика А. И. Опарина, именно вода гидросферы явилась той обязательной, незаменимой средой, в которой происходило формирование

наиболее сложных органических соединений, послуживших в дальнейшем материалом для построения тел живых существ.

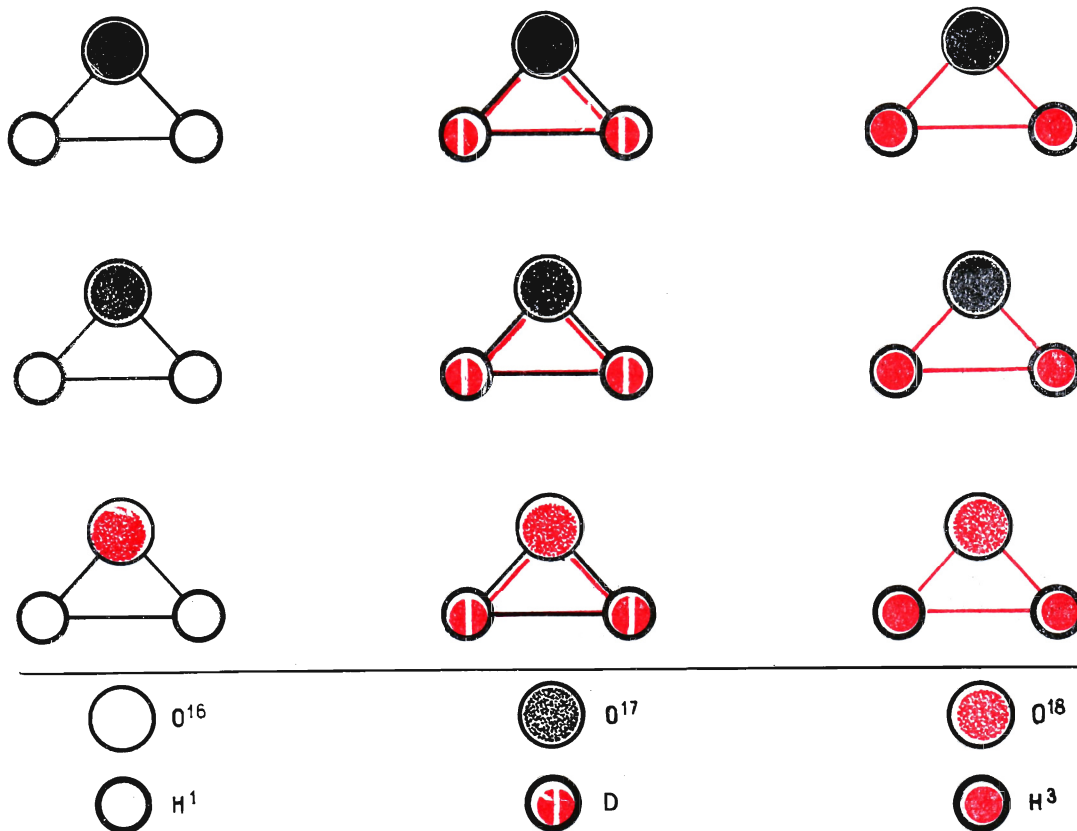
Рассмотрению свойств воды с разных точек зрения — с точки зрения физики, химии, биологии и т. д. — посвящена большая литература, и было бы невозможно в одной статье рассказать обо всем этом. Мы имеем в виду обсудить здесь одну только грань этой многогранной проблемы — грань геофизическую. Но сначала мы должны постараться выяснить первопричину, определяющую эти необычные свойства воды, т. е. делающую ее столь удивительной жидкостью. Искать эту первопричину нужно, конечно, в особенностях физического строения воды.

СТРОЕНИЕ ВОДЫ

На расстоянии одной стомиллионной доли сантиметра, точнее, на расстоянии 0,95 Å (1 Å = 10⁻⁸ см) от атома кислорода помеща-

ется атом водорода; второй атом водорода находится на таком же расстоянии, но в другом направлении от атома кислорода, образующем с направлением на первый атом угол 105°. Такова простая треугольная схема строения молекулы самой удивительной жидкости — воды. Разные сорта воды имеют одинаково построенные молекулы.

Но разве существуют «разные сорта» воды? Да, есть много разных молекул H₂O, отличающихся друг от друга своим изотопным составом. Известны три изотопа водорода: протий — самый легкий, H¹; дейтерий — тяжелый водород, H² (его обычно обозначают символом D) и сверхтяжелый водород — тритий, H³. У кислорода тоже три изотопа — O¹⁶, O¹⁷ и O¹⁸. В природе существуют соединения H₂O, в которых оба атома водорода одинаковы, например H¹H¹O или DDO. Из этих изотопов уже получается девять разновидностей молекул. Но есть и такие молекулы, как H¹DO и т. д. Всякая дождевая кап-



МОЛЕКУЛЫ ВОДЫ с разным изотопным составом

ля, вода из моря, горного потока, равнинной реки или стекающая с ледника, обязательно состоит из смеси молекул разного изотопного состава. В природной воде присутствуют преимущественно легкие изотопы водорода и кислорода, но доля тяжелых изотопов в смеси, т. е. доля тяжелой воды, зависит от истории воды. В водопроводной воде отношение изотопов водорода H/D равно примерно 6700. При замерзании воды зимой в реках увеличивается процентное содержание тяжелого кислорода, но доля дейтерия уменьшается. Испарившаяся с поверхности континентов и океанов и увлекаемая на облачные высоты восходящими воздушными потоками вода более богата протием. Молекулы H_2^{18}O испаряются быстрее, чем H^{16}DO , поэтому пары воды над океаном должны содержать меньше дейтерия, чем поверхностные воды. Сверхтяжелый водород — тритий — неустойчив, его атомы постепенно распадаются, правда, медленно — с периодом полураспада около 12 лет. Содержание трития в атмосфере ничтожно мало.

Различается вода и по содержанию кислорода. В атмосфере изотопа O^{18} почти в 500 раз меньше, чем изотопа O^{16} , а точнее говоря, отношение $\text{O}^{18}/\text{O}^{16}=0,002039$. В воде это отношение еще меньше, причем в морской воде на 2,2%, а в пресной — на 2,8%. Вечный круговорот воды на нашей планете сопровождается постоянным изменением изотопного состава воды, и действительно, «нельзя дважды вступить в один и тот же поток».

Здесь мы сталкиваемся еще с одним уникальным свойством воды. Она будет топливом будущего: термоядерная энергетика — это, в первую очередь, тяжелая вода!

Почему же, все-таки, обычная окись водорода, именно это вещество из миллиона других, известных человечеству, играет столь исключительную роль в природе?

Простое строение молекулы воды имеет, однако, ту особенность, что при указанном выше расположении двух атомов водорода и одного атома кислорода взаимное притяжение молекул оказывается невероятно сильным. Дело в том, что в молекуле H_2O центры положительных и отрицательных зарядов сильно смещены относительно друг друга, вследствие чего каждая молекула оказывается сильным электрическим диполем. Поэтому, чтобы расплавить лед, нужно затрачивать так много тепла — 80 калорий на каждый

грамм льда. Это больше, чем у какого-либо другого вещества, за исключением весьма немногих металлов. Чтобы преодолеть исключительно сильное взаимное притяжение молекул, требуется особо быстрое тепловое движение молекул. По той же причине для разделения молекул воды, т. е. для превращения ее в пар, нужно затрачивать еще больше энергии — 537 калорий на один грамм, и нет вещества, у которого скрытая теплота испарения была бы больше, чем у воды. Достаточно вспомнить, что за один час от нагревания солнечными лучами на Земле испаряется более 50 км³ воды. С восходящими атмосферными струями водяной пар поднимается на высоту в несколько километров, где подхватывается атмосферными течениями и растекается с ними по всему надземному пространству. Объем влаги, одновременно содержащейся в атмосфере (если ее превратить в воду), превышает десяток тысяч кубических километров. Пар воды, конденсирующийся обратно в жидкое состояние (в капельки облаков и туманов), передает атмосфере энергию Солнца в количестве 537 калорий на каждый грамм, и в совокупности, в расчете на всю Землю, это дает в среднем больше энергии, чем могут выработать миллион электростанций, имеющих мощность Братской ГЭС каждая. В этом кроется причина того, почему вода и ее круговорот в природе выполняют столь ответственную функцию в тепловой жизни нашей планеты. Океаны, будучи огромными хранилищами тепловой энергии на Земле, оказывают решающее влияние на погодобразующие процессы в атмосфере и на климат Земли в целом.

Итак, строение молекул воды очень простое, однако их взаимное расположение в жидкости отличается сложностью. Сильное взаимное притяжение приводит к объединению многих молекул в одну большую «молекулу», и оказывается, что в среднем сложная ассоциированная молекула воды много больше одиночной молекулы. Такое молекулярное строение воды определяет многие удивительные ее физико-химические свойства. Наличие у каждой молекулы воды большого дипольного электрического момента является причиной того, что так называемая диэлектрическая проницаемость воды составляет рекордную величину — 80. Это значит, что два электрических заряда, помещенных в воду, притягивают (если они разноименные) или отталкивают (если — одно-

именные) друг друга с силой, в 80 раз меньшей, чем в воздухе. Но все связи зависят от взаимодействия между положительно заряженным ядром и отрицательными электронами. В этом причина способности воды растворять в себе различные вещества: на поверхности тел, оказавшихся в воде, межмолекулярное притяжение ослабляется настолько, что оно уже не может сопротивляться ударам молекул друг о друга при их тепловом движении, и атомы или молекулы начинают постепенно отрываться от поверхности тела и переходят в воду. Это и есть процесс растворения.

Ежегодно реки переносят с суши в океаны более $35\,000\text{ км}^3$ воды, но эта вода — не пресная. Вода, будучи агрессивным растворителем, разрушает даже гранит. Сток воды с суши приносит в океаны ежегодно миллиарды тонн разных солей. Постепенно вода из океанов испаряется (причем пары воды оказываются более «пресными», «дистиллированными», чем исходная жидкость, заполняющая океаны) и совершает путь через облачные и дождевые капли, выпадая осадками на землю и снова возвращаясь, но уже опять соленой, в океан, принося с суши ежегодно до 3,5 млрд. т минерального вещества. Приходится ли после этого удивляться, что вода в океанах содержит около 50 химических элементов в количестве более $4,5 \cdot 10^{16}$ т минеральных веществ. В. И. Вернадский причислял воду к царству минералов...

ОКЕАН — РОДИНА ЖИЗНИ

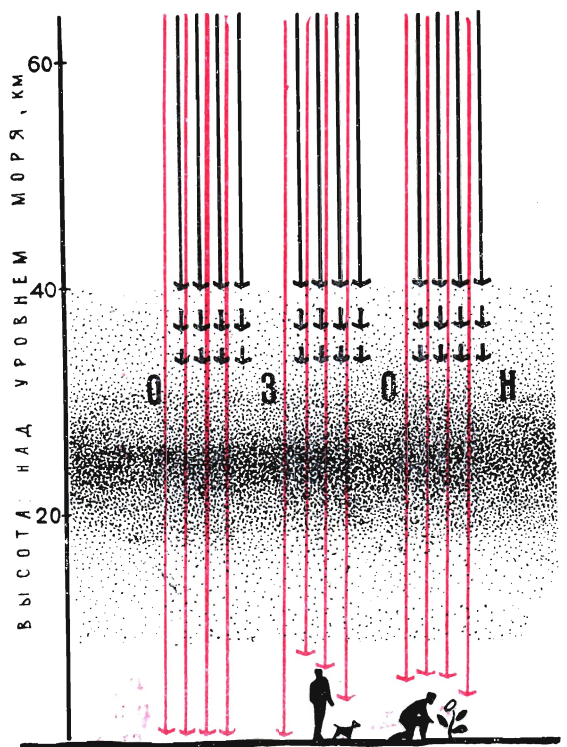
Средняя соленость океанической воды 3,5%, но если бы молекулы H_2O не отличались столь большим электрическим дипольным моментом, а следовательно, вода не обладала бы исключительной способностью растворять «все и вся», то вода в океанах была бы пресной. Хорошо это было бы, или плохо?

Ответ на этот вопрос может быть дан в весьма краткой форме: не была бы вода в океанах соленой — не было бы ничего живого на Земле, жизнь на нашей родной планете не могла бы зародиться... Описанные выше чудесные свойства воды делают ее необходимым соучастником синтеза аминокислот. Вода — это среда, в которой возникли и развились первые живые существа.

Обратимся к тем далеким временам, когда на нашей Земле только начинался про-

цесс образования Мирового океана и атмосферы; это могло быть, скорее всего, около 3,5 млрд. лет назад. Как происходил этот процесс? По некоторым вопросам, относящимся к ранней истории Земли, взгляды ученых расходятся. Согласно теории академика В. Г. Фесенкова, первоначальная атмосфера Земли улетучилась в результате сильного разогрева Земли, а в последующем остывании планеты образовалась вторичная атмосфера, содержащая много паров воды. Конденсация этих паров и явилась источником воды в океанах.

Но откуда черпались все новые и новые массы воды? Достаточно уверенно можно утверждать, что — из глубоких недр Земли. Так считает и А. П. Виноградов, построивший



— ИЗЛУЧЕНИЕ С ДЛИНОЙ ВОЛНЫ БОЛЬШЕ 03 мкм
 — ИЗЛУЧЕНИЕ С ДЛИНОЙ ВОЛНЫ МЕНЬШЕ 03 мкм

ОЗОНОСФЕРА защищает все живое на Земле от губительных ультрафиолетовых лучей Солнца

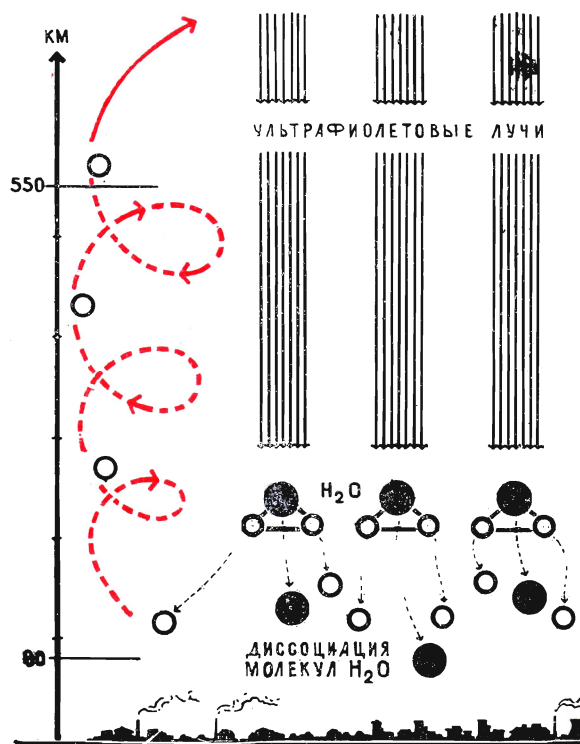
теорию о разогреве холодного вещества Земли на ранней стадии ее развития и выплавления летучих элементов. Образование земной коры шло путем выплавления легкоплавкой фракции силикатов параллельно с дегазацией. Весь приток газов на поверхность Земли доставлялся практически из всей толщи мантии*. Гидросфера образовалась, согласно теории А. П. Виноградова, в раннем периоде геологической истории Земли.

Определяющая роль водной оболочки планеты в процессах зарождения и развития жизни состоит не только в том, что вода была необходимой питательной средой, в которой возникли первые живые существа. Значение имело и то, что океан мог защитить органическую материю от окисления. По-видимому, кислород в свободном состоянии сначала отсутствовал в атмосфере, и поэтому в ранней истории Земли преобладали условия, благоприятные для восстановительных процессов. Может быть в составе атмосферы, если не с самого начала, то все же на ранней стадии, преобладал углерод в форме окиси и двуокиси углерода, но есть косвенные указания, что первоначальными составными частями были метан, аммиак и вода (напомним, что из этих газов состоит атмосфера Юпитера). Появление свободного кислорода в атмосфере нашей планеты есть, скорее всего, результат деятельности зарождавшейся биосферы Земли, продукт фотосинтеза, в процессе которого видимый свет, поглощаясь растениями, способствует восстановлению CO_2 и H_2O до углеводов с выделением свободного кислорода. Если бы органическая материя возникла на безводной Земле, то она окислялась бы почти сразу после своего образования. Но Земля богата водой, и когда водные массы заполнили океанические чаши, органическая жизнь, укрываясь в морских осадках, оставалась неокисленной.

И еще третий аспект соучастия гидросферы в зарождении и развитии жизни: ультрафиолетовые лучи Солнца малой длины волны (менее 0,3 мк) губительно действуют на живые организмы. Эта смертоносная радиация Солнца задерживается в атмосфере Земли озоном — газом, каждая молекула которого

состоит из трех атомов кислорода. Озон присутствует в атмосфере в ничтожном, казалось бы, количестве (стотысячные доли процента), но он способен, однако, с такой силой поглощать ультрафиолетовую радиацию как раз этой длины волны, что даже ничтожная доля губительного солнечного излучения не достигает земной поверхности. Озонная оболочка (озоносфера) возникла в атмосфере, по-видимому, не сразу даже в тот период ее эволюции, когда в ней уже был кислород. Но эти ультрафиолетовые лучи поглощаются и водой, поэтому первобытная живая материя могла укрываться от действия солнечной радиации в глубинах моря.

Итак, по крайней мере три свойства воды настолько необходимы для зарождения и



ПОД ДЕЙСТВИЕМ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫХ ЛУЧЕЙ Солнца молекулы H_2O на высотах около 80 км распадаются (диссоциируют) на атомы кислорода и водорода. Процесс вертикального перемешивания атмосферы (диффузия) приводит к тому, что постепенно часть атомов водорода достигает уровня около 600 км, откуда атомы (самые быстрые из них) могут перейти в межпланетное пространство, преодолевая земное тяготение (диссипация водорода)

* Земной шар состоит из ядра, мантии и коры. Подробнее об этом см. в статье В. В. Белоусова. Глубинное строение и развитие Земли. «Земля и Вселенная», № 1, 1967 г.

развития жизни на Земле, что отсутствие только одного из них предопределило бы безжизненность планеты: водные океаны — это среда, необходимая для синтеза аминокислот; питательная среда, в которой возникли первые живые существа; это среда, защищавшая органическую материю от окисления и все живое от смертоносного ультрафиолетового излучения Солнца по крайней мере до тех пор, пока в атмосфере Земли не появился озон. «Природная вода,— писал наш знаменитый соотечественник В. И. Вернадский,— как бы предназначена для жизни, и с жизнью связана она одна из всех химических элементов».

МНОГО ЛИ ВОДЫ НА ЗЕМЛЕ?

По подсчетам, в Мировом океане содержится около 1,5 млрд. км³ воды (1370 · 10⁶ км³). Такое количество воды речной сток может дать за 38 000 лет. Объем воды в океане составляет $\frac{1}{790}$ часть всего объема земного шара. Это очень много. Каковы возможные источники этой огромной массы воды?

Существует множество данных, свидетельствующих в пользу предположения о том, что в океаны вода выделилась из недр Земли в результате дегазации. Но с каких глубин? Согласно оценкам академика А. П. Виноградова, основным источником воды была мантия во всей ее толще. В мантии содержится $2 \cdot 10^{25}$ г воды, и если считать, что вся океаническая вода выделилась из мантии, то из отношения двух чисел $1,4 \cdot 10^{24}$ и $2 \cdot 10^{25}$ получается, что так называемая дегазация равна для воды 7%, т. е. 0,07. О возможном происхождении океанов из воды, выделявшейся из мантии, свидетельствует и то, что и для дегазации аргона Ar⁴⁰, по определению А. П. Виноградова, получается 9,5%, т. е. число, близкое к дегазации воды. Нужно учитывать, что при дегазации мантии выделяется не только вода, но и другие вещества, в том числе газ Ar⁴⁰. Этот изотоп аргона — продукт преобразования калия K⁴⁰.

Некоторое количество воды ежегодно доставляется в атмосферу и океаны вулканами. Вулканическая деятельность на Земле затухала и вновь усиливалась в разные эпохи истории Земли. В настоящее время, по приблизительным подсчетам, в результате вулканической деятельности на поверхность Земли ежегодно осаждается 0,1 км³ воды. По мнению от-

дельных ученых, за всю геологическую историю Земли, за 4,5 млрд. лет, вулканические извержения могли дать половину запасов воды, содержащихся в гидросфере.

До сих пор речь шла об источниках воды, но известно, что происходит и утечка воды с Земли через высокие слои атмосферы. Молекулы воды, оказавшиеся в атмосферном слое на уровне 70—90 км (а также молекулы метана CH₄, но в более высоком слое), подвергаются мощному облучению ультрафиолетовой радиацией Солнца, под воздействием которой молекулы диссоциируют: каждая молекула H₂O распадается на две частицы — на атом водорода и молекулу гидроксильную OH или (в зависимости от длины волны поглощенной солнечной радиации) на атом кислорода и молекулу водорода H₂. Освобождающийся водород как самый легкий газ атмосферы сравнительно быстро проникает (диффундирует) на высоты порядка 600 км над поверхностью Земли (эта область земной атмосферы называется экзосферой) и оттуда улетучивается, диссипирует в межпланетное пространство. Конечно, нет оснований предполагать, что скорость диссипации оставалась постоянной в течение всего времени существования земной атмосферы.

Расчетам скорости диссипации водорода посвящено много исследований; значительно меньшее внимание уделяется противоположному процессу — захвату водорода, аккреции. Считается, что аккреция мало эффективна по сравнению с диссипацией. Однако полученные с помощью измерений на ракетах и спутниках новые данные по изучению верхней атмосферы, магнитосферы Земли и солнечного ветра* указывают, по-видимому, на необходимость дальнейшего теоретического исследования аккреции с учетом новых результатов.

Напомним, что в межпланетном пространстве постоянно дует солнечный ветер, направленный примерно по радиусу от Солнца. Это преимущественно водородный ветер, его скорость от 300 км/сек в периоды спокойного Солнца увеличивается до 600 км/сек при высокой активности, плотность плазмы возрастает от пяти протонов и электронов в каждом кубическом сантиметре до нескольких десятков.

* См. Г. А. Скуридин, В. Д. Плетнев, В. П. Шалимов, И. Н. Швачунов. Солнечный ветер, магнитосфера и радиационный пояс Земли. «Земля и Вселенная», № 3 и 4, 1965 г.

Уже довольно давно геофизики начали обсуждать возможность образования новых молекул H_2O непосредственно в высоких слоях атмосферы из имеющихся там атомов кислорода и водородных атомов, доставляемых солнечным ветром. Французский астрофизик де Турвиль, например, опубликовал в 1961 г. вычисления, по которым вся океаническая вода могла образоваться из атмосферного кислорода и водорода солнечного происхождения за время около 3,5 млрд. лет. Он предполагал, что геомагнитное поле, эффективное в отношении захвата протонов и электронов из ионизированной плазмы солнечного ветра, имеет поперечник около 25 земных радиусов и что в течение $3,3 \cdot 10^9$ лет аккреция водорода происходила с такой же скоростью, как и в нашу эпоху. Он принял для плотности плазмы значение 12 протонов/см³, а для скорости солнечного ветра — 433 км/сек. За $3,3 \cdot 10^9$ лет в пределы магнитосферы, имеющей поперечник указанной величины, попадает $1,70 \cdot 10^{23}$ г водорода. Полное окисление этого водорода дало бы $1,53 \cdot 10^{24}$ г воды, т. е. примерно столько, сколько составляет масса воды в океанах. Этот механизм накопления воды на Земле был остроумно назван одним американским ученым «солнечным дождем».

Столь близкое совпадение вычисленной де Турвилем массы воды с фактическим ее количеством является, надо полагать, случайным, поскольку интенсивность солнечного дождя нужно вычислять более строго. Расчеты французского астрофизика дают, по-видимому, сильно завышенный результат: плазменный поток солнечного ветра не захватывается магнитосферой Земли, а обтекает ее. По современным представлениям только отдельные участки пограничного слоя магнитосферы (так называемой магнитопаузы) «пропускают» корпускулы солнечного ветра внутрь магнитосферы. Кроме того, захват корпускул происходит не всегда одинаково. Возбуждение полярных сияний связано с процессами, сопровождающими взаимодействие плазмы солнечного ветра с магнитосферой (точнее, с электромагнитосферой, поскольку в окрестностях Земли до расстояний 40—50 тыс. км есть не только магнитное, но и осязаемое электрическое поле). Известно, что энергия солнечного ветра меняется мало, а энергия полярных сияний — в тысячи раз. Большая часть заряженных частиц проникает, возможно, во время полярных сияний средней и большой мощности. Согласно оценке ав-

тора, результат де Турвиля нужно уменьшить по крайней мере в 100, а может и в 1000 раз. По нашим осторожным подсчетам, средняя для Земли плотность потока водорода составляет $2 \cdot 10^{-15}$ г/см² (она должна быть больше в полярных районах, особенно при мощных полярных сияниях); этому соответствует поток $1,2 \cdot 10^9$ атомов/см², что в полсотни раз превосходит скорость диссипации земного водорода ($2,5 \cdot 10^7$ атомов/см²·сек).

Если пренебрегать аккрецией, как обычно и поступали исследователи до последнего времени, и вычислить содержание водорода на разной высоте с учетом скорости диффузии атомов, образовавшихся в результате фотодиссоциации молекул H_2O и CH_4 , то на высоте 100 км концентрация водорода должна составлять 10^7 атомов/см³, а на высоте 200 км — от $5 \cdot 10^4$ до $2 \cdot 10^6$ атомов/см³ в зависимости от температуры экзосферы, влияющей на скорость диссипации водорода. Примерно такие значения получаются и из оптических наблюдений свечения водорода в ультрафиолетовом и видимом участках спектра, но эти наблюдения относятся, как правило, к умеренным и даже низким широтам, а эффект солнечного дождя, судя по всему, больше всего проявляется в высокоширотной зоне полярных сияний.

А что получится, если в расчетах учесть и аккрецию — захват электромагнитосферой Земли водорода солнечного ветра? Концентрация водорода должна значительно увеличиться: до $1,6 \cdot 10^{10}$ на уровне 100 км и до $4 \cdot 10^8$ атомов/см³ на высоте 200 км. В связи с этим, значительный интерес представляют измерения водорода в Арктике, проводимые в последнее время Центральной аэрологической обсерваторией (ЦАО) при помощи ракетных масс-спектрометров. О некоторых результатах этих измерений сообщалось в статье профессора Е. Г. Швидковского (директор ЦАО), опубликованной в предыдущем номере «Земли и Вселенной». В статье, в частности, указано, что «в северной полярной области на высоте 120 км концентрация атомарного водорода равна 10^9 атомов/см³, а на высоте 160 км — вдвое меньше. Теоретические расчеты, основанные на старых оценках количества водяного пара, давали обычно концентрации в 100 раз меньшие. Таким образом, из этих измерений тоже следует, что количество водяного пара в верхней атмосфере сильно занижалось».

Заметим, что сведения о количестве паров

воды в высоких слоях атмосферы имеют значение для понимания природы серебристых облаков — загадочных облаков на высотах 70—90 км, о которых уже не раз рассказывалось на страницах «Земли и Вселенной»*. Возможно, что дальнейшее изучение серебристых облаков явится источником важной информации о процессе «обмена водой» между Землей и межпланетным пространством.

Подведем некоторые итоги.

Миллионы лет продолжают перемещения воды на нашей планете. Из недр Земли вода постепенно переходит на поверхность, образуя и заполняя океаны. С поверхности водной оболочки Земли вода каждодневно испаряется, пары поднимаются в атмосферу, образуя облака, и, сгустившись там в дождь и снег, возвращаются на сушу и в океаны. Этот постоянный круговорот воды — один из са-

мых грандиозных и важных для жизни человека процессов на нашей Земле.

Но не вся вода возвращается из атмосферы обратно в океаны, некоторое количество паров воды увлекается воздушными потоками через стратосферу в более высокие слои. Там молекулы H_2O распадаются под действием ультрафиолетовых лучей Солнца на водород и кислород, и водород, частицы которого — самые легкие и быстрые атомы — легче других преодолевают земное тяготение, постепенно ускользают, диссипируют в межпланетное пространство. Наша планета медленно, но постоянно как бы «испаряется». Но происходит и обратный процесс — захват водорода атмосферой Земли из плазмы солнечного ветра. И этот водород, проникая в более глубокие слои атмосферы, образует там новые молекулы H_2O , дающие, быть может, начало «солнечному дождю» на высотах около 100 км над уровнем моря, в слоях, где иногда появляются самые высокие облака Земли — серебристые облака.

СОВЕТУЕМ ПРОЧИТАТЬ

СУЩЕСТВУЮТ ЛИ АНТИМИРЫ?

Известный шведский физик и астрофизик профессор Г. Альвен, избранный в 1966 г. иностранным членом Академии наук СССР, написал книгу «Миры и антимирры». В 1968 г. эта книга была выпущена издательством «Мир» (перевод со шведского Ю. К. Земцова под редакцией академика Б. П. Константинова).

Автор многочисленных и оригинальных трудов по сугубо специальным вопросам магнитной гидродинамики на этот раз выступил в роли блестящего популяризатора, образно и доступно знакомящего даже неподготовленных читателей с веществом и антивеществом, физической плазмой, антивеществом во Вселенной, а также с развитием Метагалактики и проблемами космологии. В книге затронуто нема-

ло мировоззренческих философских вопросов.

В течение многих лет Г. Альвен совместно с профессором О. Клейном разрабатывают важную концепцию о зарядовой симметрии мира, о равноправном существовании обычного вещества и антивещества в Метагалактике. Альвен и Клейн считают, что даже в нашей Галактике могут одновременно существовать звезды из вещества и антивещества. Может быть, когда-нибудь «нейтринная астрономия» и «гамма-астрономия» подтвердят это...

Интересные дополнения к книге содержатся в кратком послесловии, написанном редактором перевода.

ПРОТИВ «ГИПОТЕЗОМАНОВ»

Научно-популярная серия, выпускаемая издательством «Наука», пополнилась в 1968 г. книгой

В. А. Бронштэна «Беседы о космосе и гипотезах». Основная канва содержания книги — живой рассказ о процессе создания гипотез, их подготовке и становлении, развитии, а иногда и падении. В книге рассматривается большой круг гипотез, относящихся к солнечной системе. Здесь гипотезы и о происхождении Земли, и о Луне, Венере и Марсе, а также о природе Тунгусского явления. Наряду с этим, автор разоблачает полнейшую бесполезность и неосостоятельность «доморощенных» гипотез, измышляемых лицами, страдающими «звездной болезнью», т. е. сочинительством спекулятивных, необоснованных гипотез. Редакции нашего журнала близки и понятны взгляды автора, ибо «гипотезоманы» не забывают и нас, регулярно присылая свои объемистые «труды», посвященные преимущественно фундаментальным проблемам («Как произошла Вселенная», «Земля. Как она устроена» и т. п.), и ничуть не смущаются, что эти «труды» остаются неопубликованными.

* См. Н. И. Гришин. Тайна средних широт. «Земля и Вселенная», № 3, 1965 г.; Н. И. Гришин. Самые высокие облака. «Земля и Вселенная», № 5, 1965 г.

МЕЖЗВЕЗДНЫЙ ГАЗ, КОСМИЧЕСКИЕ И РЕНТГЕНОВСКИЕ ЛУЧИ

С. Б. ПИКЕЛЬНЕР
профессор

Температуру межзвездного газа вдали от горячих звезд можно объяснить, предположив, что космические лучи низкой энергии, которые не проникают в солнечную систему, или рентгеновские лучи, идущие из Метагалактики, отрывают от атомов электроны, нагревая и ионизуя газ.

ГДЕ ИСТОЧНИК НАГРЕВА МЕЖЗВЕЗДНОГО ГАЗА?

Межзвездный газ делится на зоны Н II, где водород почти полностью ионизован ультрафиолетовым излучением горячих звезд, и зоны нейтрального водорода Н I, куда ультрафиолетовое излучение не проникает, так как оно поглощается зонами Н II. В зонах Н II кинетическая температура, характеризующая среднюю энергию хаотических движений частиц, равна $7000-10\,000^\circ\text{K}$, в зонах Н I она значительно ниже.

До последнего времени не удавалось измерить температуру межзвездного газа в зонах Н I. Дело в том, что холодный межзвездный газ не излучает свет, который можно увидеть глазом или зафиксировать на обычной фотопластинке. Лишь в далекой инфракрасной области, не наблюдаемой с поверхности Земли из-за поглощения в атмосфере, есть линии, излучаемые межзвездным газом. Наблюдения с ракет и искусственных спутников оказались безрезультатными, поскольку слабы сами линии и мала чувствительность приемников инфракрасного излучения. Но этот холодный газ можно обнаружить по радиоизлучению в линии нейтрального водорода с длиной волны 21 см. Поэтому непосредственные измерения температуры стали возможны,

когда появились большие радиотелескопы. Однако теоретически температура нейтрального водорода была рассчитана Л. Спитцером и М. Саведовым довольно давно. Излучение горячих звезд, проникающее в области Н I, не способно ионизовать водород, но может вызвать ионизацию сравнительно обильного химического элемента — углерода. Если полагать (как и делали Л. Спитцер и М. Саведов), что кинетическая энергия оторванных от углерода электронов и есть тот источник, который нагревает газ, то температура газа должна быть равна $20-25^\circ\text{K}$. Это значение было общепризнанным, пока не начались прямые измерения температуры газа в радиодиапазоне.

Радиоизлучение межзвездного газа исследовалось на длине волны 21 см. Такая линия образуется при переходах между компонентами сверхтонкого расщепления основного уровня атома водорода. Измерения показали, что межзвездный газ должен иметь температуру в среднем около 125°K . Эта величина значительно превышает рассчитанную ранее температуру газа. Следовательно, либо весь газ нагрет до температуры $100-150^\circ\text{K}$, либо температура газа в зонах Н I весьма неоднородна: в одних областях она выше 1000°K , а в других — близка к $20-25^\circ\text{K}$.

Неоднородной оказалась и плотность межзвездного газа. Газ сосредоточен, главным образом, в спиральных ветвях Галактики. Между ветвями концентрация водорода меньше 0,1 атома в 1 см^3 ($0,1 \text{ см}^{-3}$). Внутри спиральных ветвей имеется примерно такой же фон и более плотные области с концентрацией водорода около 1 см^{-3} , причем в этих областях выделяются отдельные конденсации — облака, в которых концентрация водорода достигает $2\text{—}4 \text{ см}^{-3}$. Встречаются и значительно более плотные конденсации, где водород находится преимущественно в виде молекул, не дающих линию 21 см.

Большими радиотелескопами удалось измерить излучение и оценить температуру отдельных облаков. Температура плотных облаков составляет $25\text{—}60^\circ \text{K}$, менее плотных до 120°K , но в совокупности облака могут дать лишь 70% наблюдаемого радиоизлучения. Поэтому В. Шутер и Г. Вершуур предположили, что остальные 30% излучаются разреженным газом между облаками. Этот газ должен иметь температуру более 1000°K , но в то же время быть областью H I, так как на длине волны 21 см излучают только нейтральные атомы водорода.

Чтобы объяснить столь высокую температуру облаков и особенно межоблачной среды, нужно было найти другой источник нагрева газа, значительно более мощный, чем излучение звезд, ионизирующее углерод.

КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ МОГУТ НАГРЕВАТЬ ГАЗ

Космические лучи — это ядра водорода (протоны) и ядра некоторых других атомов, а также электроны, движущиеся в межзвездном пространстве со скоростью, близкой к скорости света. Энергия ядер обычно составляет $10^8\text{—}10^9 \text{ эв}$, но иногда может достигать $10^{16}\text{—}10^{18} \text{ эв}$, что в сотни миллиардов раз превышает энергию теплового движения атомов в межзвездной среде. Поэтому, хотя концентрация космических лучей значительно меньше концентрации обычных частиц, их полная энергия в сотни раз больше, чем тепловая энергия газа в том же объеме.

Пролетая мимо атома, быстрая частица может возбудить его или ионизовать. Оторванный при ионизации электрон получает энергию около 10 эв , которая при столкновении с атомами и другими электронами переходит

в тепловую энергию газа — газ нагревается. Согласно расчетам, наблюдаемых космических лучей недостаточно, чтобы нагреть облака до 100°K . Измерения показали, что чем больше энергия ядра в космических лучах, тем реже они встречаются. Этот факт проверен экспериментально лишь для ядер с достаточно большой энергией. Частицы низкой энергии (меньше $10^7\text{—}10^8 \text{ эв}$) вымываются из солнечной системы магнитными полями солнечного ветра, поэтому их удается наблюдать только в периоды минимума солнечной активности, когда поля и скорости ветра малы. Но частицы, проникающие в солнечную систему, не могут дать полную информацию о распространенности частиц низкой энергии в межзвездной среде. Если предположить, что в межзвездном пространстве есть много мягких космических лучей с энергией частиц $10^7\text{—}10^8 \text{ эв}$ (скорость протонов около 0,1 скорости света), то они могут нагреть газ до нужной температуры, тем более что частицы малой энергии сильнее взаимодействуют с газом, чем быстрые частицы.

Но это предположение необходимо обосновать. Некоторое подтверждение было получено из наблюдений. Как уже отмечалось, космические лучи не только нагревают газ — они его ионизируют. И вот из наблюдений попытались определить в областях H I концентрацию оторванных от атомов свободных электронов. Полученное значение оказалось столь большим ($0,01 \text{ см}^{-3}$), что объяснить его удалось, лишь предположив, что частично электроны оторваны и от атомов водорода, а не только от атомов углерода, как считали Л. Спитцер и М. Саведов. А так как ультрафиолетовое излучение горячих звезд, способное ионизовать водород, в области H I не проникает, частичная ионизация водорода может быть обусловлена только космическими лучами или квантами высокой энергии (рентгеновскими), которые плохо поглощаются водородом.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГАЗА И МЯГКИХ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ

Автор рассмотрел проблему взаимодействия межзвездного газа и мягких космических лучей. Были решены уравнения теплового (нагрев космическими лучами равен охлаждению) и ионизационного (число ионизаций равно числу рекомбинаций) равновесия. Эти

уравнения связывают концентрацию водорода и электронов, температуру, а также величину, которая характеризует нагрев газа и зависит от количества мягких космических лучей. Для любого значения плотности газа можно рассчитать температуру и ионизацию.

Оказалось что облака с концентрацией водорода $2-4 \text{ см}^{-3}$ должны иметь температуру $80-100^\circ \text{ К}$, а отдельные, менее плотные облака, как и наблюдается в действительности, могут иметь температуру больше 100° К . Электронная концентрация в облаках лишь немногим превышает ее значение между облаками ($0,03 \text{ см}^{-3}$), и это согласуется с наблюдениями.

Давление газа максимально при температуре $5000-6000^\circ \text{ К}$, когда концентрация водорода равна $0,08 \text{ см}^{-3}$. Примерно такая же концентрация наблюдается в разреженном газе между облаками. С ростом плотности газа температура падает столь быстро, что давление тоже падает. Это соответствует условию тепловой неустойчивости, которая заключается в следующем. Пусть температура газа определяется какими-то процессами и зависит только от плотности. Если в начальный момент плотность однородна, то однородна и температура, а следовательно, и давление. По случайным причинам может возникнуть небольшая флуктуация (например, уплотнение), в которой соответственно изменится и температура. Если давление в этом сгустке увеличится, то уплотнение расширится и снова станут прежними плотность и температура. Но если давление уменьшится (для этого нужно, чтобы температура быстро падала с ростом плотности), то окружающий газ сожмет сгусток, а это в свою очередь приведет к уменьшению давления в нем. В результате газ будет сжиматься, пока не изменятся процессы охлаждения и нагрева, так что плотный и разреженный газы приобретут одинаковое давление. В условиях тепловой неустойчивости газ не может существовать долго: случайные флуктуации заставят его сжаться или расширяться до устойчивого состояния. Поэтому естественно предположить, что газ между облаками находится в разреженной устойчивой фазе, а его температура около 5000° К . При температуре $5000-6000^\circ \text{ К}$ тепловая неустойчивость кончается.

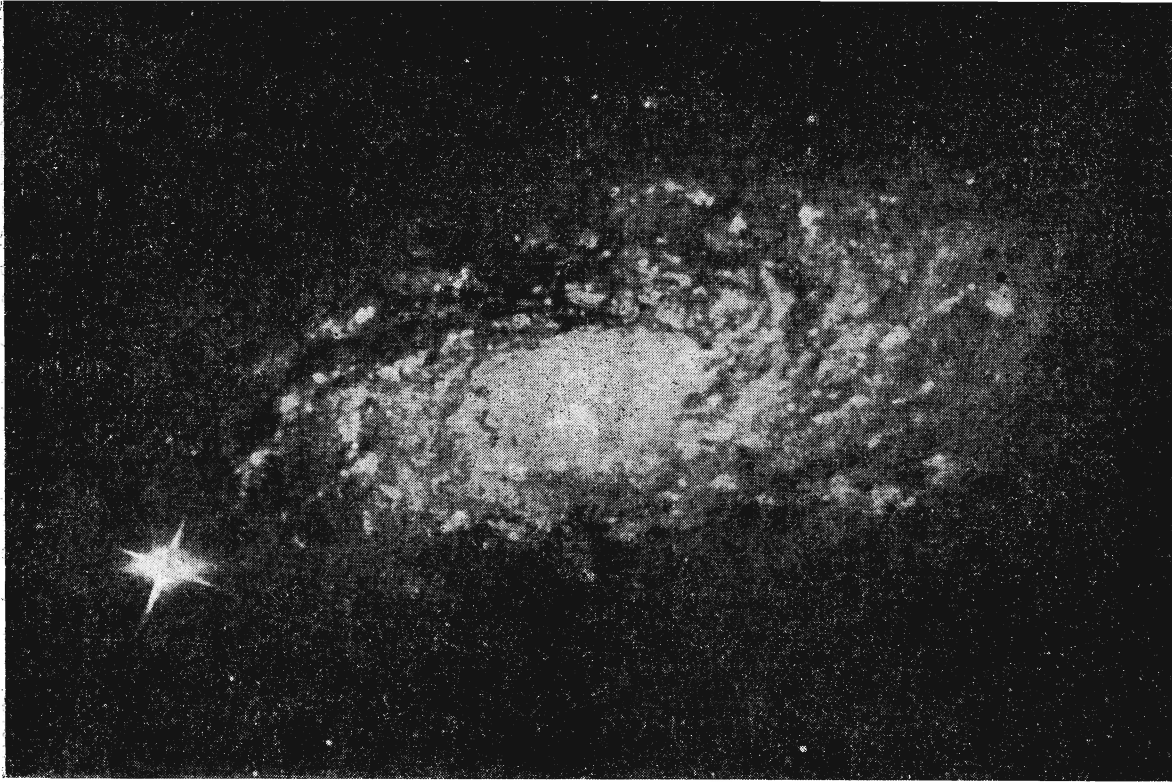
Давление сжимаемого сгустка снова вырастает до величины давления разреженного газа при концентрации водорода, равной

5 см^{-3} . Следовательно, сгустки должны сжиматься до такой плотности, после чего установится равновесие. Это объясняет облачную структуру межзвездного газа, разделение его как бы на две фазы — плотную и разреженную. Предположим, что плотность между облаками станет больше $0,1 \text{ см}^{-3}$. Тогда при данном количестве космических лучей температура будет меньше 5000° К , появится тепловая неустойчивость и часть газа превратится в облака. «Выпадение» облаков будет продолжаться до тех пор, пока плотность фона не понизится до $0,1 \text{ см}^{-3}$, причем температура газа достигнет 5000° К и тепловая неустойчивость прекратится. Образование еще более плотных облаков связано, во-первых, с появлением молекулярного водорода, который дополнительно охлаждает газ своим излучением и увеличивает молекулярный вес, и, во-вторых, с действием сил гравитации (довольно существенными в больших плотных облаках), сжимающих облако до тех пор, пока не наступит гравитационная неустойчивость, в результате которой облако превратится в скопление или ассоциацию звезд.

На самом деле образование облаков происходит, по-видимому, сложнее, так как газ находится в сравнительно сильном магнитном поле, которое допускает движение газа только вдоль силовых линий. При этом газ сжимается не так быстро, и часть его может пребывать в течение долгого времени в процессе сжатия. Возможно, что этим объясняется наличие облаков газа с плотностью меньше равновесной.

Итак, предположив, что мягкие космические лучи нагревают межзвездный газ, удалось теоретически предсказать свойства облаков, т. е. получить соответствующие наблюдениям значения температуры, концентрации водорода и электронов в облаках. Это согласие подтверждает правильность всей картины.

Однако расчет, проведенный В. Н. Цытовичем и автором, показал, что для образования необходимого количества космических лучей требуется очень много энергии — больше, чем ее дают расширяющиеся оболочки сверхновых звезд. Если же мягких космических лучей меньше, то должен присутствовать другой агент, ионизирующий и нагревающий газ в областях II. Этот агент должен обладать тем же свойством, что и космические лучи, т. е. он должен плохо погло-



СПИРАЛЬНАЯ ГАЛАКТИКА NGC 5055. Горячие звезды и облака газа концентрируются в спиральных рукавах. Расчеты показывают, что именно в спиральных рукавах галактик, где концентрация водорода выше, чем между рукавами, могут возникать облака газа, из которых образуются звезды

щаться водородом, и потому пронизывать весь газ.

Р. А. Сюняев обратил внимание на то, что интенсивность рентгеновских лучей, идущих из Метагалактики, настолько велика, что они могут нагревать газ в областях HI. Все расчеты при этом почти не изменяются. Газ нагревается и ионизируется благодаря энергии электронов, вырываемых из атомов водорода рентгеновскими квантами. В данном случае тоже существует тепловая неустойчивость, приводящая к образованию облаков.

НЕКОТОРЫЕ СЛЕДСТВИЯ

Учет рентгеновских или мягких космических лучей существенно меняет сложившиеся ранее представления о физических условиях в межзвездном газе. Естественно, должны измениться представления о многих

других процессах, связанных с физическими условиями. В частности, находят объяснение некоторые данные наблюдений, казавшиеся до сих пор необъяснимыми или противоречивыми.

Обычно в межзвездной среде удается наблюдать какой-либо химический элемент только в одной стадии ионизации, например однажды ионизованный натрий или дважды ионизованный кальций. Следовательно, чтобы оценить общее содержание в межзвездной среде этих и других элементов во всех стадиях ионизации, нужно рассчитать степень их ионизации.

Ионизация гелия и некоторых ионов производится так же, как и ионизация водорода. Металлы, углерод и многие другие элементы ионизируются ультрафиолетовым излучением звезд. Степень ионизации определяется балансом числа ионизаций и рекомбинаций. Но число рекомбинаций прямо про-

порционально количеству свободных электронов. Поскольку в облаках концентрация электронов в десятки раз больше, чем предполагалось раньше, то рассчитанная концентрация натрия и кальция, а также других элементов существенно уменьшается. Новые данные лучше согласуются с химическим составом Солнца и звезд.

Радиоволны, проходя через ионизованный газ, поглощаются. Величина поглощения пропорциональна квадрату плотности электронов и обратно пропорциональна температуре в степени $3/2$. В межзвездном газе плотность электронов незначительна, и поэтому радиоизлучение коротких длин волн не поглощается. Однако измерения на волнах 60—100 м, проведенные ночью у экватора, где ионосфера пропускает такие волны, а также наблюдения из космоса показали заметное поглощение в Галактике. Величина поглощения в десятки раз превысила то, что можно было допустить, даже приняв высокую концентрацию электронов, равную $0,01 \text{ см}^{-3}$. В этих расчетах принималось, однако, что температура газа около $10\,000^\circ \text{K}$, как в обычных областях Н II. Между тем наблюдаемое погло-

щение естественно объясняется, если вспомнить, что в облаках концентрация электронов около $0,03 \text{ см}^{-3}$, а температура около 100°K . Такой холодный электронный газ поглощает очень эффективно: одно облако на луче зрения уже дает нужное поглощение. Следовательно, поглощение радиоволн подтверждает изложенную выше картину.

Гипотеза о частичной ионизации водорода позволяет объяснить некоторые свойства спиральных ветвей. Спиральная структура выделяется, прежде всего, горячими звездами и облаками газа, из которых эти звезды образуются. Между рукавами газ тоже есть, но его плотность в несколько раз меньше, чем в рукавах, и главное, он не образует там облаков. Этот факт также естественно объясняется. Действительно, если концентрация водорода меньше $0,1 \text{ см}^{-3}$, то тепловой неустойчивости нет, и облака не должны образовываться.

Таким образом, физические условия в областях Н I определяются не звездами, а мягкими космическими лучами или, что более вероятно, рентгеновским излучением, идущим из метagalacticких источников.



ПЕРЕМЕННАЯ С УЛЬТРАКОРОТКИМ ПЕРИОДОМ

На фотографиях созвездия Гончих Псов объект, обозначенный HZ 29, выглядит как голубая звезда 14-й величины. В 1967 г. Ю. Смак обнаружил у этой звезды быстрые слабые колебания блеска. Существует много самых противоречивых суждений о природе этого замечательного объекта. В разное время его считали белым карликом, квазаром, двойной звездной системой с периодом обращения компонентов 9 или 18 минут.

Хотя природа этого объекта все еще загадочна, период изменения блеска установлен точ-

но. Длительные фотоэлектрические наблюдения, выполненные американскими астрофизиками Д. Острикером и Дж. Хессером, показали, что колебания блеска, которые повторялись через 1051,118 секунды (около 17,5 минуты), достигали 0,02 звездной величины. Причем каждый цикл содержит два максимума различной формы.

К какому классу мы должны отнести этот объект со столь странным поведением? Быстрота и повторяемость изменений, как считают Острикер и Хессер, исключают предположение о

том, что HZ 29 — квазар. Это едва ли и затменная двойная звезда, так как максимум кривой блеска остроконечной формы. Период изменения блеска слишком длинен для радиальных пульсаций белого карлика, но радиальные пульсации горячего субкарлика могут иметь такой период.

По мнению Острикера и Хессера, сочетание очень короткого периода с очень малой амплитудой изменения блеска свидетельствует, что мы, вероятно, столкнулись с типичным представителем некоторого нового класса переменных звезд, а не с крайне «эксцентричным» членом уже известной категории объектов.

«Sky and Telescope», 36, 6, 1968.

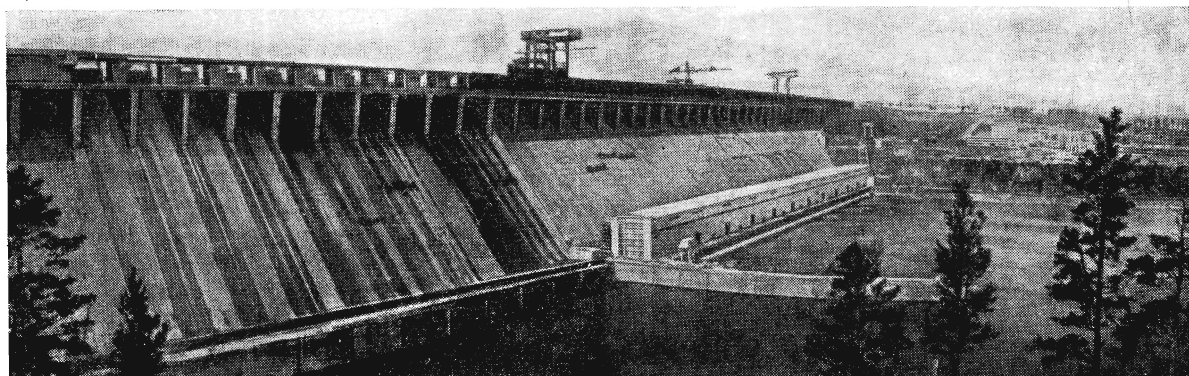
Гидрологические прогнозы и современная вычислительная техника

Д. С. КУЧМЕНТ
кандидат физико-математических наук
Е. П. ЧЕМЕРЕНКО
кандидат технических наук

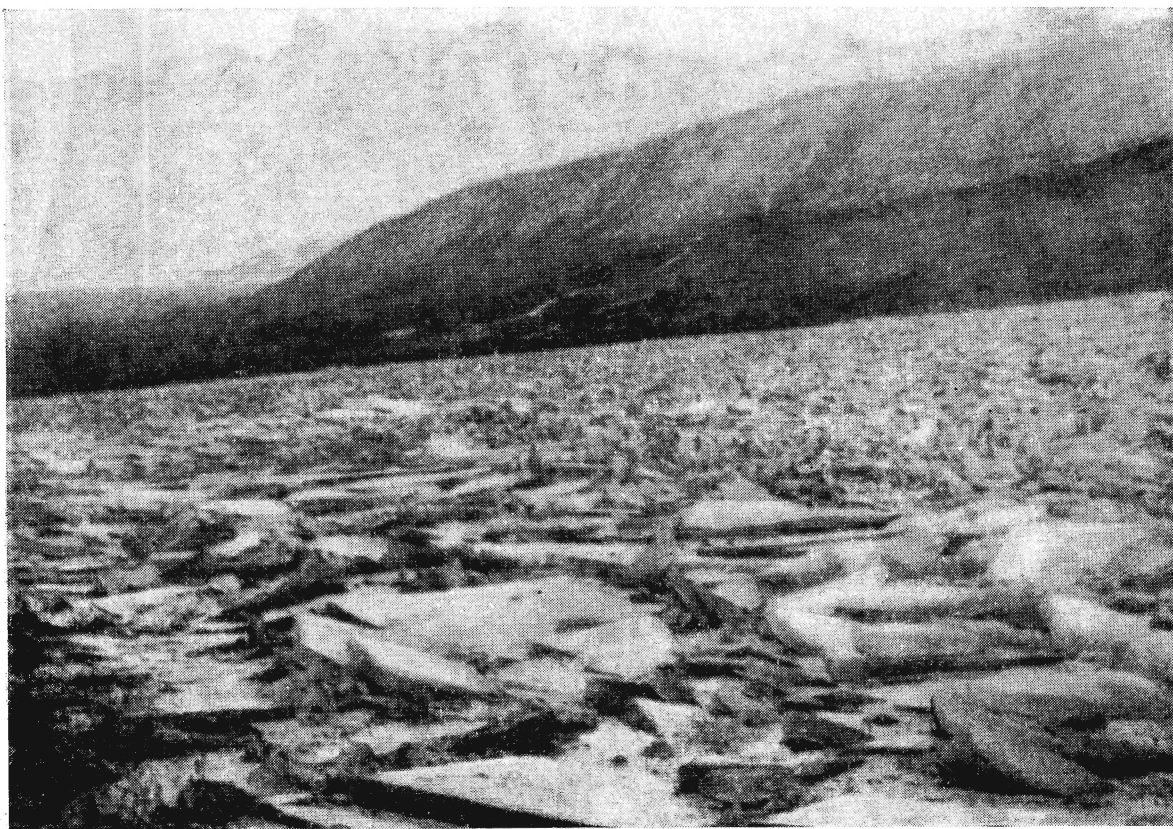
В статье рассказывается о завтрашнем дне гидрологии, когда все технические функции составления прогноза будут выполнять электронно-вычислительные машины.

Ежегодно Гидрометцентр СССР выпускает свыше 100 тыс. гидрологических прогнозов и оповещений. Своевременный гидрологический прогноз дает возможность наилучшим образом организовать режим работы различных отраслей хозяйства (например, заранее заготовить необходимые резервы воды, принять меры для борьбы с такими опасными явлениями, как затопление, образование затора и т. д.). Особенно нуждаются в таких прогнозах гидроэнергетические орга-

низации (с точки зрения объема будущего притока воды к водохранилищам), речной транспорт и рыбное хозяйство (их интересуют предполагаемые максимальные и минимальные уровни воды в реке), организации, обеспечивающие водоснабжение и ирригацию, и многие другие. Гидрологические прогнозы делятся на долгосрочные и краткосрочные. Долгосрочные прогнозы (прогноз объема притока к водохранилищам ГЭС, прогноз минимальных летних уровней на



БРАТСКАЯ ГЭС



ЛЕДОХОД И ОБРАЗОВАНИЕ ЗАТОРА на Днестре у села Подойма

судоходных реках, прогноз дат замерзания и вскрытия рек) даются за много дней или даже недель.

Краткосрочные прогнозы имеют заблаговременность от одного до нескольких дней. Они часто используются для детализации и уточнения ранее выпущенных долгосрочных прогнозов. Типичный краткосрочный прогноз — предсказание изменения уровня и расхода воды в каком-либо створе реки.

КАК ОРГАНИЗОВАНА СЛУЖБА ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОГНОЗОВ В СССР?

Главным прогностическим органом в нашей стране является Гидрометцентр СССР. Он осуществляет научно-методическое руко-

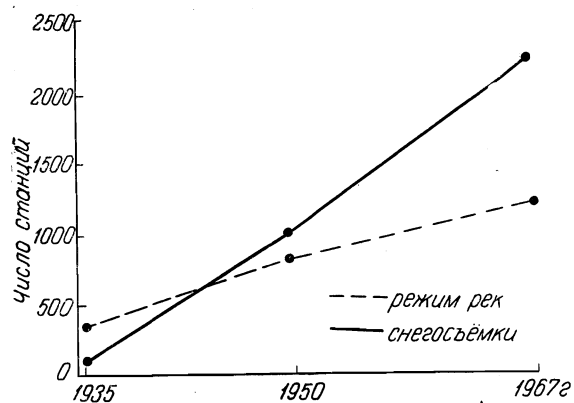
водство, выпускает прогнозы гидрологического режима по наиболее важным водным объектам страны и гидрологический бюллетень, который информирует об общем состоянии рек, озер и водохранилищ в разных районах СССР.

В региональных управлениях Гидрометеослужбы, которые руководят изучением гидрометеорологических характеристик, в крупных географических районах и союзных республиках существуют Бюро прогнозов. Одна из задач этих Бюро — выпуск и распространение гидрологических прогнозов. Отдельные прогнозы и оповещения о катастрофических явлениях выпускаются также крупными гидрометеорологическими станциями.

Дальнейшее развитие гидрологических прогнозов и их заблаговременность связаны

с возможностью математического описания гидрологических процессов и связей между отдельными гидрометеорологическими элементами. Сложность гидрологических явлений и ограниченные возможности вычислительных работ привели к тому, что до последнего времени в практике оперативных прогнозов главным образом использовались методы, основанные на простых физических связях (например, уравнениях водного баланса) или статистических зависимостях (чаще всего представляющих собой корреляцию между двумя — тремя переменными). В то же время советские ученые Г. П. Калинин, В. Д. Комаров, Е. Г. Попов, Л. Г. Шуляковский и другие создали физическую теорию развития наиболее важных для прогноза гидрологических процессов, что может служить хорошей основой для построения надежных математических моделей.

Создание электронной вычислительной техники и быстрое развитие методов вычислений сократили разрыв между теоретическими основами и практикой гидрологических прогнозов. Современная вычислительная техника стимулирует разработку и применение для прогностических задач наиболее совершенных математических моделей гидрологических процессов и позволяет использовать практически неограниченный объем гидрометеорологической информации.



РАЗВИТИЕ СЕТИ СТАНЦИЙ, доставляющих гидрологическую информацию в Гидрометцентр СССР (сплошная линия — данные о снегосъемках, пунктирная — данные о режиме рек)

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ МАШИН

Как известно, электронные вычислительные машины подразделяются на цифровые и непрерывного действия. Цифровые машины выполняют арифметические и логические операции с величинами, заданными в виде чисел. В аналоговых машинах непрерывного действия расчеты производятся путем моделирования исследуемых процессов электрическими процессами. Поэтому их часто называют моделирующими.

Первыми в практике гидрологических прогнозов стали использоваться моделирующие машины. Этому способствовала глубокая математическая аналогия между уравнениями, описывающими электрические и гидравлические явления. Силу тока можно рассматривать как величину, соответствующую расходу воды в реке, электрическое напряжение — напору воды, электрическую емкость и сопротивление — русловой емкости и гидравлическому сопротивлению и т. д. На основе этой аналогии в США, а затем в СССР и Японии были созданы специализированные электронные моделирующие машины, которые воспроизводили процессы, происходящие в речной сети. В 1959 г. была создана лаборатория аналитических методов и моделирования Гидрометцентра СССР для разработки методов, основанных на использовании электронных моделирующих машин в практике гидрологических прогнозов. Впоследствии задачи этой лаборатории были расширены, и сейчас она является ведущим подразделением по математизации методов и применению вычислительной техники в гидрологических прогнозах. Под руководством этой лаборатории были разработаны и с 1962 г. стали серийно выпускаться промышленностью электронные моделирующие устройства ПР-27 и ПР-43, которые позволили автоматизировать выпуск краткосрочных прогнозов расхода и уровня воды. Важной областью применения этих устройств является выбор оптимальных графиков пусков через плотины водохранилищ. Выбор таких графиков, удовлетворяющих требованиям различных отраслей народного хозяйства (энергетики, речного флота, сельского и рыбного хозяйства и др.), дает большой экономический эффект. При использовании моделирующих устройств ПР-27 и ПР-43 предполагается, что гидрологическую систему (бассейн



НАВОДНЕНИЕ в городе, вызванное катастрофическими осадками

реки, участок реки, ограниченный двумя створами) можно рассматривать как линейную динамическую систему с одной входной (например, интенсивность осадков) и одной выходной (расход воды) величинами. Закон преобразования входной величины такой системы полностью определяется импульсной переходной функцией (функцией влияния), которую можно получать на выходе системы, если на ее вход подать единичный импульс. Найдя функцию влияния гидрологической системы (или соответствующие ей параметры электрической системы) по наблюдениям за прошедшими паводками, можно затем эту функцию использовать для прогнозов.

В качестве примера таких расчетов можно привести выбор графика попусков в нижний бьеф Волжской ГЭС имени XXII Съезда КПСС в период весеннего половодья. Такой график является обычно компромиссным: гидроэнергетики, как правило, заинтересованы в более или менее постоянных попусках в течение длительных периодов, в то время как рыбное хозяйство требует высоких уровней воды в период нереста (особенно в районе Нижней Волги).

Для моделирования многих гидрологических явлений оказалось целесообразным использовать также серийно выпускаемые

промышленностью универсальные электронные моделирующие машины. Наглядность расчетов, возможность быстрого изменения их последовательности в зависимости от промежуточного результата, а также удобный подбор параметров — основные преимущества этих машин перед цифровыми.

Универсальные электронные моделирующие машины успешно применяются в прогнозах движения паводочных волн (или волн попусков ГЭС) на больших речных системах. Так, например, в Калифорнийском университете был создан электронный аналог речной системы реки Канзас. Оказалось возможным учесть приток воды к основному руслу с 50 малых водосборов, а затем рассчитать трансформацию паводочных волн на участках с нелинейными гидравлическими и топографическими характеристиками.

Для гидрологических прогнозов весьма перспективно комплексное использование электронных моделирующих и цифровых машин. В процессе определения параметров принятой математической модели часто предпочтительно применение электронных моделирующих машин, в то время как при непосредственном прогнозировании значительно более эффективны электронные цифровые машины.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ЦИФРОВЫХ МАШИН

Первыми гидрологическими расчетами, которые выполнялись с помощью электронных цифровых вычислительных машин, были разработки методов решения гидродинамических уравнений, описывающих движение воды в реках в самом общем случае (уравнения Сен-Венана). Эти уравнения являются математическим выражением зависимости элементов режима реки (скорость течения, глубина) от характеристик русла (площадь его поперечного сечения и шероховатость). Уравнения Сен-Венана представляют собой нелинейную гиперболическую систему, которая в общем случае не имеет аналитического решения. Некоторые численные методы решения таких уравнений были разработаны еще в 30-е годы. Однако огромная вычислительная работа, которая при этом необходима, и слабое развитие методов численного интегрирования дифференциальных уравнений создавали большие трудности при использовании указанных методов в практике.

Решая уравнения Сен-Венана, можно предвычислить изменение во времени расходов воды и уровней в любой точке водотока, рассчитать элементы водного режима на незарегулированных реках, на больших

речных водохранилищах, а также на целом каскаде водохранилищ.

В результате исследований, проведенных с помощью электронных вычислительных машин в различных странах (СССР, США, Франция, Япония), можно считать, что математические трудности при практическом использовании уравнений Сен-Венана, связанные с выбором устойчивых, точных и экономичных схем численного интегрирования, в значительной мере преодолены. Например, используя методы численного решения уравнений Сен-Венана, удалось разработать методику предвычисления движения волн весеннего половодья по Куйбышевскому водохранилищу — от его входных створов на Волге, Каме и Вятке до конечного створа у Волжской ГЭС имени В. И. Ленина (общая протяженность водохранилища около 900 км). Однако широкое внедрение этого метода в оперативную практику является делом будущего, поскольку для его использования необходимы точные и детальные измерения геометрии и шероховатости русла. Из-за ограниченности этих данных приходится использовать приближенные величины, что значительно понижает точность расчета. Именно поэтому гораздо более грубые, но менее требовательные к исходной информации методы в действительности успешно конкурируют по точности с описанным методом.

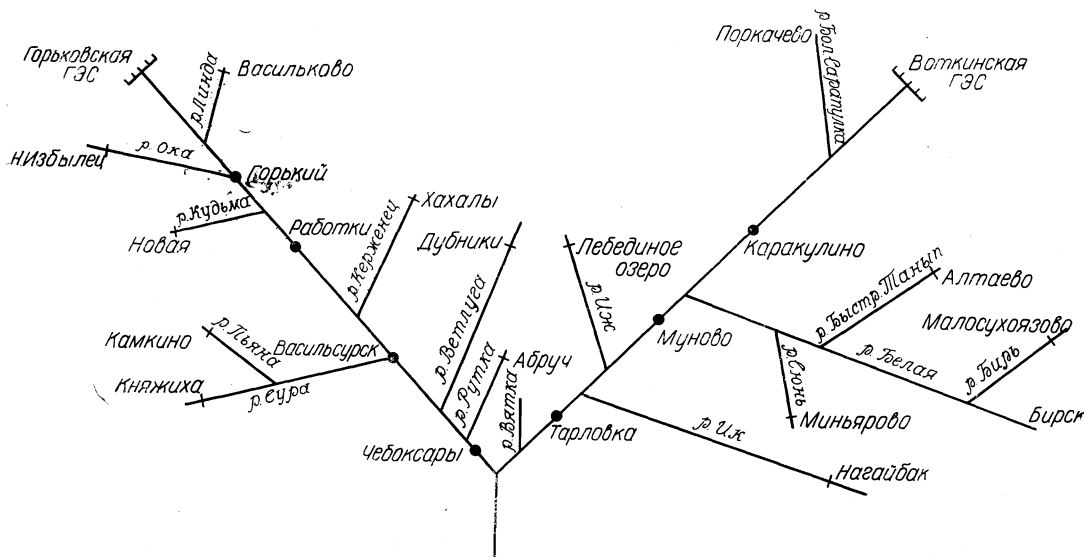


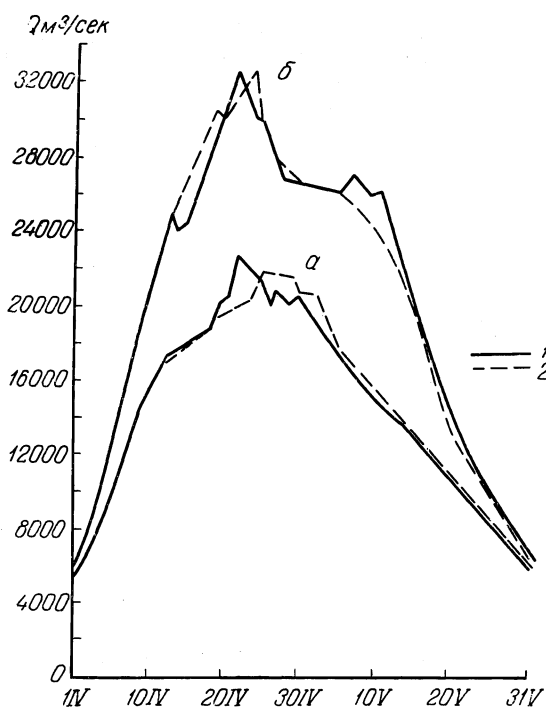
СХЕМА УЧАСТКОВ РЕК ВОЛГИ И КАМЫ, на которых производится расчет движения паводочных волн для прогноза притока вод к Куйбышевскому водохранилищу

Появление электронных цифровых вычислительных машин расширило возможности многих инженерных методов, уже хорошо зарекомендовавших себя на практике в условиях ручного счета. Стал возможным переход от локальных прогнозов по отдельным пунктам к последовательному предвычислению водного режима на всей речной системе. Такая методика внедрена в оперативную практику Гидрометцентра СССР для прогнозов гидрографа весеннего половодья на речной системе Волги и Камы — от Горького (на Волге) и Сарапула (на Каме) до входных створов в Куйбышевское водохранилище.

По этой методике в машину вводятся в качестве входных данных расходы воды в 17 пунктах на различных притоках и рассчитывается движение паводочных волн вниз по течению. Машина выдает прогнозы расходов воды в промежуточных и конечных пунктах. Используемые при этом простые инженерные методы расчета трансформации

паводочных волн дают общую картину движения паводочной волны по речной системе без детализации сложных процессов на отдельных участках.

Один из наиболее важных результатов внедрения цифровых электронных вычислительных машин в гидрологию — расширение возможностей для построения математических моделей гидрологических процессов. Процесс формирования стока на водосборе до попадания воды в русло достаточно крупных рек, где движение описывается уравнениями Сен-Венана, является сложным взаимодействием большого числа гидрометеорологических факторов. Естественно, возникает необходимость попытаться описать этот процесс методами математической физики и гидродинамики. Однако для применения полученных таким образом математических моделей к конкретным водосборам необходимы детальные данные о силе трения, свойствах почвы, распределении влажности почвы по глубине и о других гидрологических характеристиках. Такие данные мы можем иметь в настоящее время только для отдельных точек водосбора. Изменчивость гидрологических характеристик, отсутствие методов их надежного измерения и обработки измерений заставляют отказываться от этих моделей. Это и привело к распространению в практической гидрологии математических моделей, в которых водосбор рассматривается как динамическая система с неизвестными параметрами. Преимуществом таких моделей является то, что входные и выходные величины водосбора могут быть измерены с гораздо большей точностью, чем его гидрологические характеристики. Необходимые для этих математических моделей величины должны находиться обратным путем, т. е. по измерениям входных и выходных величин. Однако такие задачи, как правило, некорректны, так как небольшие изменения выходных величин могут вызывать весьма большие изменения этих параметров. Обнадеживающие результаты дало применение к некоторым задачам теории некорректных задач, разработанной в последние годы советскими математиками А. Н. Тихоновым и В. К. Ивановым. Для построения математических моделей и определения параметров гидрологических процессов перспективными оказались методы, которые используются для теории систем управления, позволяющие



ГИДРОГРАФЫ ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ ВОЛГИ в 1966 г.: 1 — фактический; 2 — расчетный (а — у г. Чебоксары, б — у Куйбышевского водохранилища)

выбрать систему дифференциальных уравнений и найти их оптимальные коэффициенты.

Отход от строгого учета физических закономерностей, который происходит при рассмотрении водосбора как динамической системы с неизвестными параметрами, ставит повышенные требования к всестороннему исследованию предлагаемых моделей. Такое исследование требует обширных численных экспериментов, которые немислимы без мощной вычислительной техники.

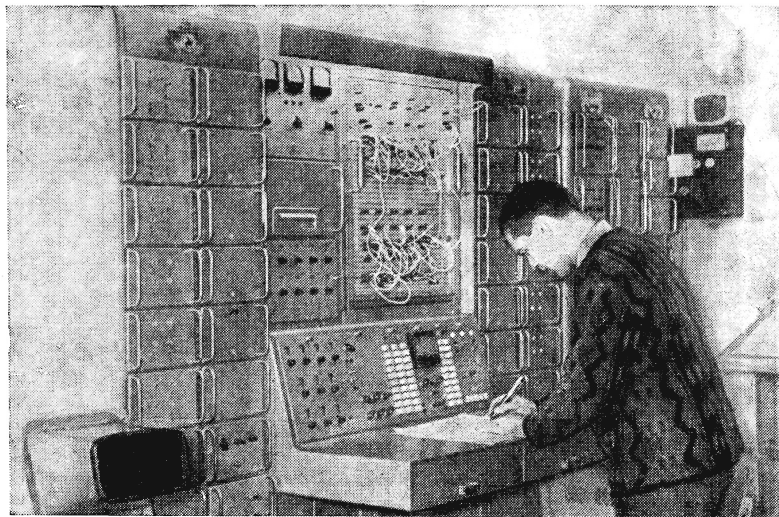
Для гидрологических прогнозов большой заблаговременности необходим учет предшествующих и текущих погодных условий. Как известно, надежные прогнозы погоды в настоящее время отсутствуют. В связи с этим, во многих случаях гидропрогнозистам приходится прибегать к построению чисто статистических связей. Современная вычислительная техника позволила использовать новейшие достижения многомерного статистического анализа. На основании имеющихся наблюдений о величинах (осадках, уровнях воды в различных пунктах, влажности почвы и др.), предопределяющих какой-либо гидрологический процесс, выбираются величины, дающие максимум информации, а затем методом множественной регрессии устанавливаются связи между этими величинами и их комбинациями — с одной стороны, и прогнозируемыми величинами — с другой. Такого типа методика разработана, например, для прогноза минимальных

уровней на период рейсов речных кораблей. Заблаговременность таких прогнозов оказывается больше, чем та, которую получают по гидравлическим расчетам.

Как уже указывалось, главной прогностической организацией в нашей стране является Гидрометцентр СССР. Ежедневно сюда поступает огромное количество телеграмм, содержащих информацию о погодных условиях во всех частях планеты, о водном и ледовом режиме рек и водоемов Советского Союза, а также об условиях произрастания сельскохозяйственных культур. Объем одной лишь гидрологической информации, являющейся лишь небольшой частью данных, поступающих в Центр, составляет 1000—3000 телеграмм в сутки (объем данных колеблется от сезона к сезону).

До последнего времени сбор данных, а также их первичная обработка осуществлялись вручную. В настоящее время в Гидрометеослужбе СССР проводятся работы по автоматизации сбора и обработки оперативной информации. Система автоматического сбора, доставки и обработки оперативной гидрологической информации должна выглядеть следующим образом.

На привлеченных к подаче информации постах, ведущих непрерывные наблюдения за водным и ледовым режимом рек, озер и водохранилищ, будут установлены автоматические устройства, осуществляющие замеры элементов режима и передачу необходимых для прогнозов данных (по телеграфу



**ЭЛЕКТРОННО-МОДЕЛИРУЮЩЕЕ
УСТРОЙСТВО. Выпуск прогноза
расходов воды**

или телефону) в местные пункты сбора оперативной гидрологической информации. Эти пункты будут оснащены малыми по мощности вычислительными машинами, предназначенными для приема и первичной обработки поступивших результатов наблюдений, а также для производства расчетов, связанных с выпуском прогнозов и различных информационных бюллетеней местного назначения. Непосредственно связанные с вычислительными машинами Гидрометцентра СССР, машины местных центров смогут снабжать их нужной информацией. Уже в настоящее время Гидрометцентр имеет достаточное количество вычислительных машин высокой производительности. В ближайшем будущем мощность используемых вычислительных устройств возрастет в несколько раз. Автоматизация Гидрометеослужбы позволит значительно увеличить объем гидрологических прогнозов и информационных сообщений. Это приведет, с одной стороны, к большей объективности методов прогнозирования, а с другой — к их универсальности. Станет возможным широкий обмен информацией в процессе составления прогноза, а также взаимная согласо-

ванность прогнозов между различными подразделениями службы. Последнее вовсе не противоречит идее автоматизации процесса прогнозирования, поскольку роль человека даже в условиях полной автоматизации службы остается значительной.

Машина будет осуществлять все технические функции в процессе составления прогнозов — от приема и запоминания данных до получения окончательных результатов в виде таблиц или карт. Чрезвычайно важной частью машинной обработки данных является проверка их точности и поиск погрешностей, возникших в результате ошибок при наблюдении или в процессе следования по каналам связи. В настоящее время разрабатываются алгоритмы автоматического контроля точности информации, построенные с учетом особенностей изменения во времени анализируемого элемента и его связи с другими элементами. Уже создана опытная программа, по которой осуществляется первичная обработка гидрологической оперативной информации (перевод из телетайпного кода в машины, анализ и запоминание элементов режима).



СКОЛЬКО МЕТЕОРИТОВ ПАДАЕТ НА ЗЕМЛЮ?

С 1965 г. в прериях центральной части США действует сеть станций для фотографической регистрации ярких болидов (см. «Земля и Вселенная», № 6, 1965 г.). Хотя вычислялись траектории всех ярких болидов и места возможных падений метеоритов, пока ни одного метеорита не найдено. Однако наблюдения позволили определить количество падающих на Землю крупных метеорных тел, что ранее было известно очень неточно. За два с половиной года замечено 82 болида ярче —9-й звездной величины. Отсюда удалось подсчитать, что ежедневно с Землей сталкиваются 440 метеорных тел крупнее 1 кг, в том числе семь тел весом, превышающим 1 т. Отметим, что здесь речь идет о доат-

мосферных массах — при полете через земную атмосферу метеориты основательно «худеют». «Smithsonian Astronomical Observatory Special report», 280, 1968.

МЕТЕОРИТНЫЙ КРАТЕР В ФИНЛЯНДИИ?

В 320 км к северо-западу от Хельсинки расположено воронкообразное озеро Лаппаярви, которому раньше приписывали вулканическое происхождение. Но вулкан в центре Финляндии — вещь, мягко говоря, маловероятная.

Шведский геолог Нильс-Бертиль Свенссон решил провести минералогическое и геологиче-

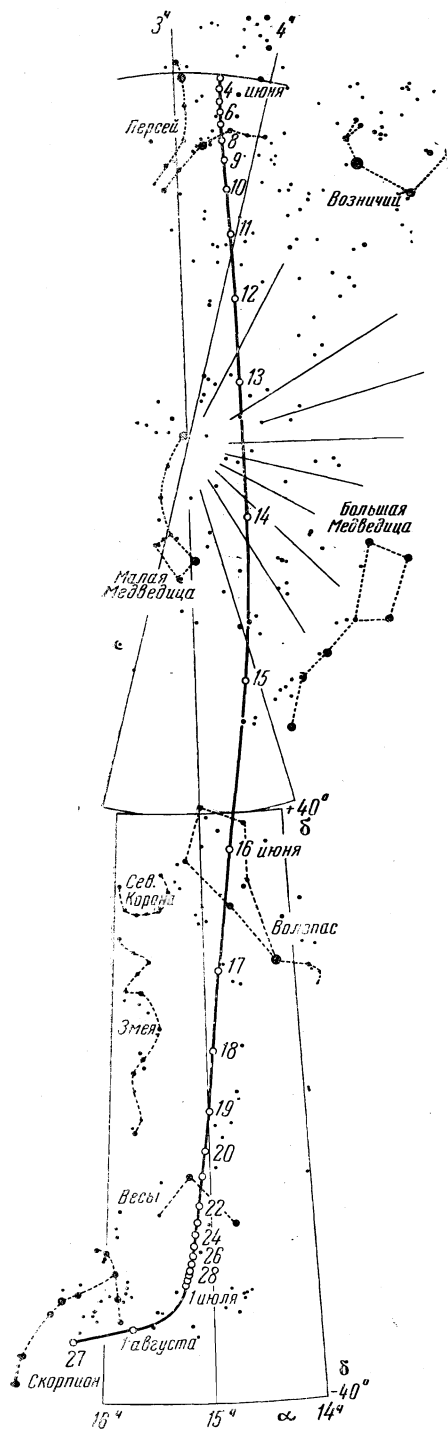
ское сравнение этой воронки с метеоритным Аризонским кратером, а также с кратерами Вабар в Аравии и Холлефорд в Канаде. Было прослежено достаточно много общих особенностей, но свойственных вулканическим образованиям. Породы, окружающие озеро Лаппаярви, словно выпаяны из глубинных слоев, которые подстилают местность. В кристаллах минералов, найденных близ озера, обнаружено характерное растрескивание, возникающее лишь под действием очень сильной ударной волны. Очевидно, выемка образовалась в результате мощного удара небольшого астероида десятки миллионов лет назад. Диаметр первоначального кратера, впоследствии заполненного водой, составлял от 5 до 7 км.

«Sterne und Weltraum», 7, 8/9, 1968.

ОПТИКО-ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ИКАРА

С. П. БОНДРАТЬЕВА
В. С. САМОНОВ
В. Д. ШАРГОРСКИЙ
Ю. А. ШОКИН

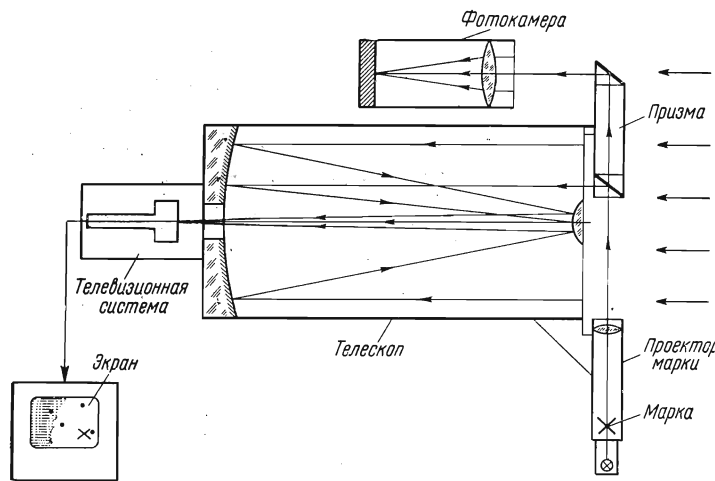
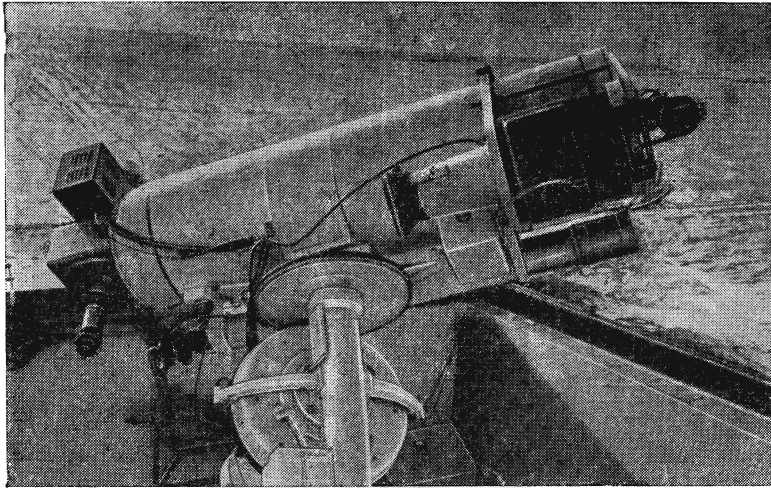
Летом 1968 г. на многих обсерваториях мира наблюдали малую планету Икар, которая 14 июня прошла мимо Земли на расстоянии 6,36 млн. км. Новая аппаратура, установленная в фокусе телескопа, позволила наблюдать Икар на экране телевизора и получить практически моментальные фотографии этой планеты.



ПУТЬ ИКАРА среди звезд в июне 1968 г.

Большинство малых планет (астероидов) имеют почти круговые орбиты, расположенные между орбитами Марса и Юпитера. Орбита Икара сильно вытянута. Этот астероид не только заходит внутрь земной орбиты и каждые 19 лет очень близко проходит от Земли, но и приближается к Солнцу на 28 млн. км, т. е. вдвое ближе, чем Меркурий. Наблюдения Икара позволяют уточнить массу Меркурия и проверить одну из важнейших теорий современной физики — общую теорию относительности. Но для этого необходимо с максимальной возможной точностью знать орбиту Икара.

В Советском Союзе в период приближения Икара к Земле были организованы специаль-



РЕФЛЕКТОР с диаметром зеркала 50 см, в фокусе которого была установлена телевизионная система. Внизу — схема оптико-телевизионной системы

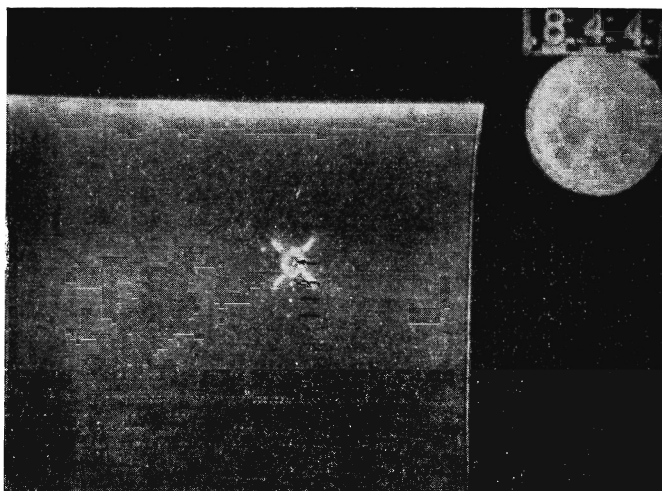
ные наблюдения этого астероида. Ученые пытались получить как можно больше положений **Икара** на орбите. Очевидно, чем длиннее отрезок траектории, на котором наблюдается планета, тем точнее можно определить ее орбиту.

С 18 по 26 июня 1968 г. **Икар** наблюдали в Крыму на 50-сантиметровом телескопе. В эти дни расстояние до **Икара** изменялось от 10 до 30 млн. км, а блеск его от 13-й до 16-й звездной величины. **Икар** был в 10 000 раз слабее наиболее слабой звезды, доступной невооруженному глазу. Фотографирование звезд 13—16-й звездной величины — длительная и трудоемкая работа. Лишь с часовыми экспозициями можно получить на 50-сантиметро-

вом телескопе изображение столь слабых звезд. Чтобы изображения звезд на фотопластинке не смещались, телескоп во время экспозиции «следит» за звездами: его гидируют по ярким звездам с помощью небольшой трубы — гида. Но **Икар** очень быстро перемещается среди звезд и в гид его не видно. Поэтому при фотографировании **Икара** в течение всей часовой экспозиции положение телескопа приходится непрерывно корректировать на основе расчетной скорости движения астероида. Все это усложняет работу наблюдателей.

Высокочувствительная телевизионная система, установленная в фокусе телескопа, позволила не только увидеть **Икар** на экране

ЧЕТЫРЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ ИКАРА (отмечены стрелками), полученные за несколько минут на одном кадре 23 июня 1968 г. Блеск Икара в это время составлял 15,2 звездной величины



телевизора, но и получить практически моментальные его фотографии.

Казалось бы, все хорошо: Икар виден на экране, его легко отыскать среди неподвижных звезд, можно фотографировать этот астероид с кратковременными экспозициями. Но возникает новое затруднение. Чтобы получить координаты небесных объектов с максимальной точностью, астрономы измеряют положение этого объекта относительно трех — шести «опорных» звезд, координаты которых хорошо известны. Такие звезды редко попадают в поле зрения телевизионного кадра ($10' \times 10'$). Можно, конечно, измерять положение объекта относительно тех слабых звезд, которые окажутся на экране телевизора, а координаты слабых звезд определить относительно «опорных». Но такая методика снижает точность и удлинняет время измерений.

Избежать этого недостатка удалось, разработав новую методику измерений. На трубе телескопа укрепили широкоугольную фотокамеру (угол поля зрения 10°). Перед объективами рефлектора и камеры поместили специальную призму, с помощью которой в обе оптические системы вводилось изображение «марки». На экране телевизионной системы, а также на снимке, сделанном на широкоугольной камере, кроме изображения звезд видна и «марка». Изображение Икара можно ввести внутрь «марки» движением телескопа. За 1—2 минуты на фотопластинке получают звезды 8—9-й звездной величины и «марку». На фотографии будет много «опор-

ных» звезд, и положение «марки» измеряется относительно их.

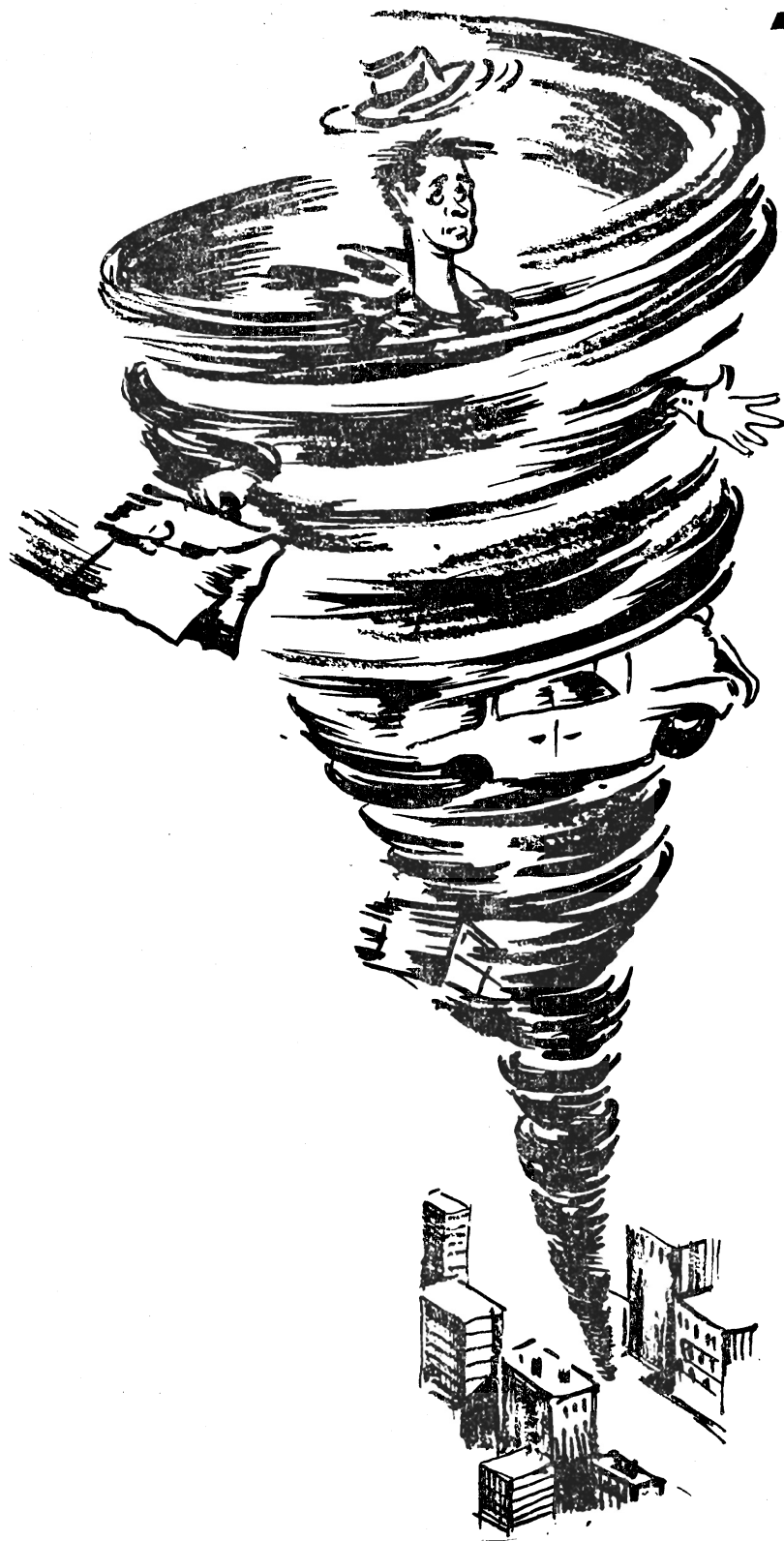
Теперь, чтобы получить координаты Икара, остается лишь ввести поправки в координаты «марки». Появление поправок связано с тем, что пучки света, идущие от «марки» в телескоп и фотокамеру, не строго параллельны. Обеспечить параллельность пучков технически очень сложно, проще оказалось разработать метод учета этой непараллельности. Для определения поправок вводили в центр «марки» на телевизионном экране и фотографировали широкоугольной камерой яркую звезду (8—9-й величины). Отклонение изображения звезды от центра «марки», измеренное на пластинке, и дает нужные поправки.

Фотографируя телевизионный экран, можно проверить точность совмещения Икара с «маркой», определить сползание Икара с «марки» за время экспонирования фотопластинки на широкоугольной фотокамере и внести соответствующие поправки в координаты. Точность, с которой определяются координаты по описанной методике, около 1 секунды дуги.

Если удастся повысить проникающую силу телевизионной системы на несколько звездных величин, то можно будет наблюдать объекты слабее 16-й звездной величины (пока это — предельная звездная величина для нашей телевизионной системы). Таким образом, появится возможность следить за движением малых планет на большем отрезке траектории и точнее определять их орбиту.

ТОРНАДО

Т. ХЕЛМ



«Ураганы — худший вид погоды» — книга известного американского писателя и журналиста Томаса Хелма. Мы публикуем перевод главы «Торнадо». Загадочный и смертоносный вихрь — главный герой рассказа. Название торнадо произошло от испанского слова «торнадос», т. е. вращающийся.

Торнадо и ураган — это два совершенно различных типа бурь: условия, необходимые для образования одного, не способствуют формированию другого. Но торнадо могут появляться и в урагане. Тогда возникают небольшие области жестоких разрушений. Если ураган можно назвать самым мощным природным вихрем, то торнадо — это самый бурный и стремительный тип вихря из всех, создаваемых природой. Наиболее сильные ураганы охватывают площадь около 500 км в поперечнике; скорость ветра вблизи центра урагана может превышать 100 м/сек. Ураган пересекает тысячи миль над сушей и океаном, в то время как «след» торнадо бывает не шире 350 м, а длина его — менее 25 км. Срок «жизни» торнадо всего 10 минут, но и за это короткое время неистовый ветер усиливается до 250—300 м/сек (по мнению некоторых исследователей, ветер в торнадо может достигать скорости звука).

Торнадо — явление более обычное, чем ураган. Однако о торнадо мы знаем очень мало из-за его «привычки» внезапно налетать с разрушительной скоростью и мгновенно исчезать. Даже в тех редких случаях, когда торнадо пронесется непосредственно над метеостанцией, период наблюдения столь краток, а общие причиняемые разрушения столь велики, что наблюдатели бывают счастливы, если им удастся спастись.

Торнадо, возникающие вместе с ураганами, образуются в их переднем крае. Они бывают очень сильными, но редко столь разрушительны, как торнадо, не связанные с ураганами.

В пределах континентальной части США торнадо наблюдаются в каждом штате. Чаще всего они возникают на территории Северной Америки в переходные сезоны. В штатах, расположенных вдоль побережья Мексиканского залива, период наибольшей угрозы торнадо приходится на март и апрель. В разгаре весны торнадо становятся более частыми и разрушительными, особенно между Скалистыми и Аппалачскими горами.

Формированию торнадо способствуют определенные метеорологические условия. Торнадо обычно возникают в направлении наступающего шквала, впереди холодного фронта, движущегося с запада; на линии грозового шквала в теплую, влажную погоду; в передней части наружного края начинающегося урагана.

Ясным летним днем часто можно наблюдать тонкие вертикальные вихри, бегущие у самой земли. Они поднимают пыль и сухие листья, а иногда и сдирают листву с кустов, оказавшихся на их пути. Многие думают, что присутствуют при зарождении торнадо. Однако это совсем другое явление, вызванное определенными температурными условиями над земной поверхностью: нагреваясь вблизи сухой, горячей земли, небольшие воздушные массы поднимаются вверх по спиральной траектории. Такие вихри называют «пыльными дьяволами». Иногда они становятся достаточно сильными, чтобы поднять с земли большие доски и вырвать с корнями кусты, но, как правило, быстро стихают. Похожие на микроскопические торнадо, «пыльные дьяволы» не имеют никакого отношения к ним.

Торнадо формируются в совершенно иных условиях. Многие еще предстоит изучить, однако уже сейчас метеорологи знают, что возникновению торнадо обязательно предшествует определенная метеорологическая ситуация. Прежде всего, над слоем влажного воздуха должен располагаться протяженный слой сухого воздуха. На Среднем Западе, где чаще всего бывают торнадо, сухой воздух обычно приходит со Скалистых гор, а теплый влажный воздух поступает с Мексиканского залива. Когда конвекция между слоями теплого влажного воздуха и более тяжелого сухого, холодного воздуха становится неустойчивой, создаются необходимые условия для образования грозовых бурь, града и торнадо. При этом торнадо, формируясь в облаках, начинается с вращения облачных масс против часовой стрелки.

Часто можно видеть, как из плотных гряд облаков, словно щупальцы, устремляются к земле вихри, но это только признаки торнадо, которые вскоре исчезают в облачной массе. Иногда из облаков опускается вихрь, похожий на длинную воронку, и начинает стремительно перемещаться вдоль поверхности земли подобно быстровращающемуся сверлу.

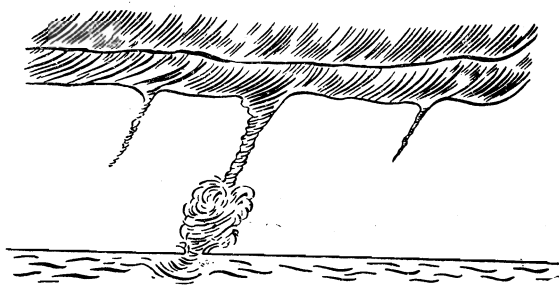
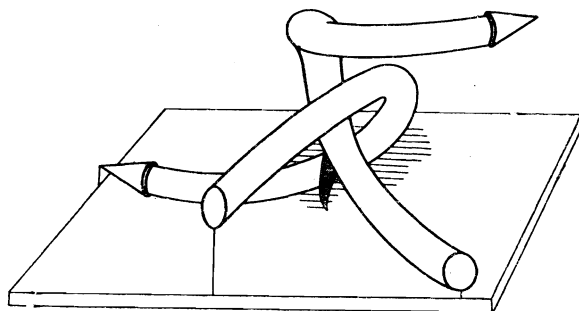
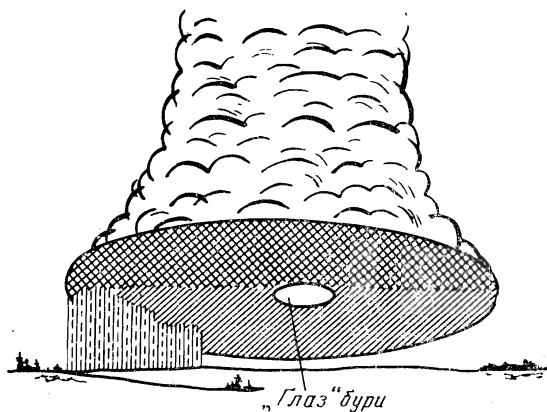
Скорость вращающихся ветров на поверхности вихревой воронки может достигать 200 м/сек. Этого вполне достаточно, чтобы скручивать металлические балки и разбивать в щепки толстые деревья. Есть и другая причина разрушительных действий торнадо — внутреннее атмосферное давление на осевой линии или в «глазке» торнадо. Наименьшее атмосферное давление, которое удалось изме-

рять в урагане, составляет около 886 мб.* Однако можно предполагать, что в центре торнадо оно значительно ниже, так как здания, оказавшиеся на пути торнадо, взрываются. Причина этих взрывов заключается во внезапном изменении атмосферного давления.

Чтобы лучше понять это, рассмотрим обычный случай. Если дом расположен почти на уровне моря, то атмосферное давление внутри его и снаружи составляет около 1013,2 мб. Допустим, атмосферное давление внутри торнадо на 8% ниже нормального, т. е. около 932 мб. Когда торнадо пронесется над зданием, наступает такой момент, давление в доме остается нормальным, а вне его — резко падает до 932 мб. Внутри дома мгновенно возникают громадные силы давления (во много тонн), которые, словно гигантские меха, «надувают» дом, пока он не взорвется. Столь необычное разрушение зданий любой конструкции и из любого материала (деревянных, кирпичных, бетонных) происходит именно из-за внезапного изменения атмосферного давления. Ведь если бы давление повышалось медленно, то прежде всего вылетели бы окна, и давление внутри дома сравнялось бы с давлением снаружи.

Теперь мы можем понять, что же происходит, когда к дому приближается торнадо. В какой-то момент давление внутри и снаружи дома одинаково, но уже через несколько секунд разница в давлении станет значительной. Поскольку постепенного выравнивания атмосферного давления произойти не может, дом разрушится в самых слабых местах конструкции. Иногда сохраняется только крыша. Бывает и так, что крыша вместе со стенами, или весь дом, подхватываются ветром и уносятся на большие расстояния.

* Нормальное давление (или вес атмосферы) было получено из большого количества измерений. Для определенных температурных условий, принятых за средние (15° С на уровне моря), нормальным, или стандартным, считается атмосферное давление, уравновешивающее давление ртутного столба высотой 760 мм. Англичане измеряют эту высоту в дюймах (1 дюйм = 25,4 мм). Следовательно, 760 мм равны 29,92 дюйма. Более рациональная единица — миллибар (мб) равен 1000 дин/см^2 . Стандартное атмосферное давление соответствует 1013,2 мб. Это очень близко к давлению 1 кг/см^2 , которое называется атмосферой в технической системе единиц. (Ред.)



Однажды поздней осенью я ехал по проселочной дороге в центральной части штата Алабама и случайно наблюдал, как разрушился дом под действием вихря, промчавшегося на неприятно близком расстоянии. Дорога извивалась по холмистой местности. Начинаясь гроза: хлынул сильный дождь, сопровождавшийся почти непрерывными вспышками молнии. На один миг сквозь стекло машины, залитое дождем, я увидел торнадо. Вихрь мчался через дорогу впереди меня. В этот момент вспышка молнии осветила дом на холме. К нему-то и направлялся торнадо. В следующее мгновение дом исчез! Пораженный увиденным, я поставил машину у обочины дороги и пошел к месту катастрофы.

Ливень прекратился. В нескольких метрах от меня, на холме, виднелось то, что мгновение тому назад было домом. Неохотно я направился вперед. Любопытно и в то же время страшно увидеть картину ужасного разрушения. Мною овладело то неприятное чувство, которое возникает, когда ты становишься свидетелем несчастного случая.

Шагая по узкой тропинке, которая вела в сторону от дороги, я поражался масштабам разрушения. Стволы деревьев были сломаны посередине, землю устилали помятые кусты ежевики, в траве лежал индюк со сломанной шеей. Сквозь моросящий дождь можно было различить остатки дома. Услышав детский плач, я побежал и, наконец, увидел людей.

Навстречу мне, спотыкаясь, шла пожилая женщина с керосиновым фонарем в дрожащих руках.

— Наши спички пропали,— сказала она, протягивая фонарь,— вы сможете зажечь его, когда наступит ночь?

В том месте, где недавно был современный каркасный дом, стояли двое — мужчина и женщина. На руках у женщины был плачущий ребенок, а мальчики-близнецы в стареньких комбинезонах прижались к отцу. В разговоре я узнал, что маленькая семья была в доме, когда началась гроза.

— Я работал на лесопилке,— сказал мужчина, показывая куда-то в сторону дороги.— Буря началась к концу рабочего дня, а когда я ехал домой, по небу плыли большие черные тучи. Они были похожи на вход в гигантскую пещеру. Я вышел из машины и сказал жене и матери, что следует приготовиться к сильной буре. Думал ли я тогда, что все кончится так плохо?!

Южная стена и внутренняя перегородка — это было все, что осталось от дома. Уцелела и чугунная печь. Она возвышалась на том же месте, где, вероятно, была поставлена при строительстве дома. Капли дождя шипели, падая на еще не остывшую

плиту, которую, по-видимому, затопили, чтобы приготовить ужин.

— Мы лишились всего, всего на свете! — Молодая женщина теснее прижала к себе ребенка и начала тихо всхлипывать.— Коровы, кур, машины. Нет даже крыши над головой.

При упоминании об автомобиле я поглядел вокруг и увидел его, лежащим на расстоянии метров ста от дома. Он был так сильно смят, как будто его раздавили гигантские тиски.

— Благодарение богу, мы не потеряли друг друга,— сказала старуха, ставя на пол фонарь.— Видно бог наказал нас, отняв наше имущество, но ни один из нас не получил ни царапины.

Вдруг мужчина что-то вспомнил. Он поднял руки и посмотрел на меня.

— Я должен найти крышу,— сказал он.— Не можете ли мне поискать ее?

Помочь человеку найти его крышу — просьба довольно странная, но в тот момент у меня не было другого выхода как согласиться.

— Посмотрите, все унесло туда,— сказал он, указывая на юго-восток.— Вон матрац, а вон часть коровника. Все превратилось в ненужный хлам.

Пока мы шли, мужчина снова заговорил о торнадо.

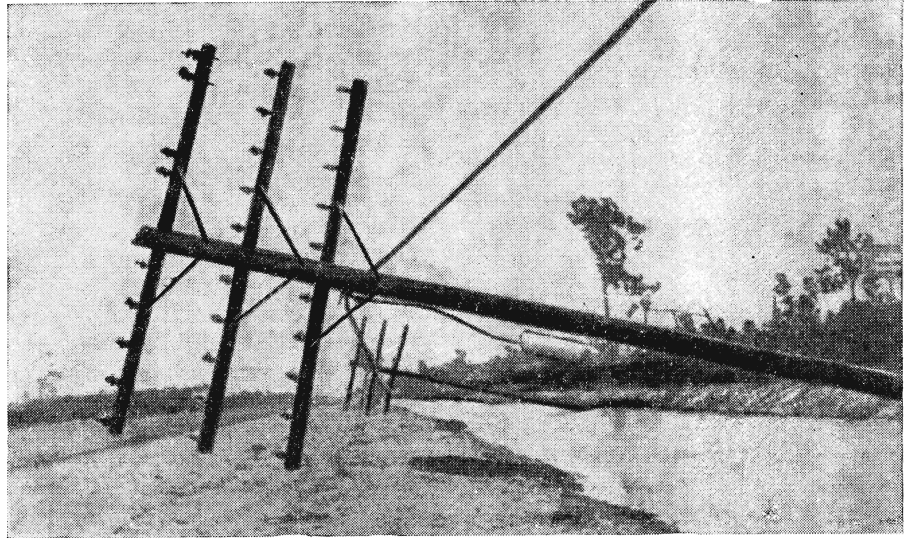
— Так вот, когда я вернулся домой, большое черное облако, казалось, заполнило всю долину. Жена стирала белье, а мы все пошли на кухню пить кофе. Я с детства видел много грозовых бурь в этих краях, но никогда еще не было такого сильного дождя, как сегодня. Казалось, что воздуха нет совсем, а только вода бьет по крыше и стучит в окна. Затем вдруг стало темно, дождь несколько утих и мы услышали грохот, как будто тяжелый грузовик шел на подъем. Я подбежал к окну и увидел огромный вихрь в виде воронки, движущийся прямо на нас.

Мужчина споткнулся и поднял что-то с земли. В руках у него был дешевый будильник. Часы еще шли — стрелки показывали половину восьмого.

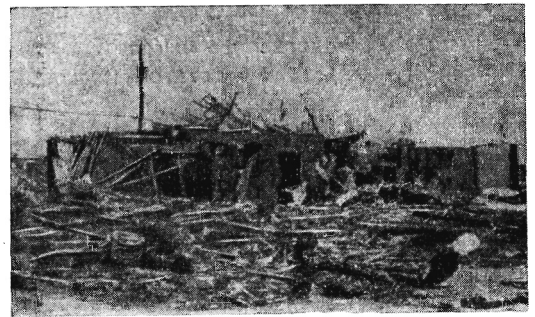
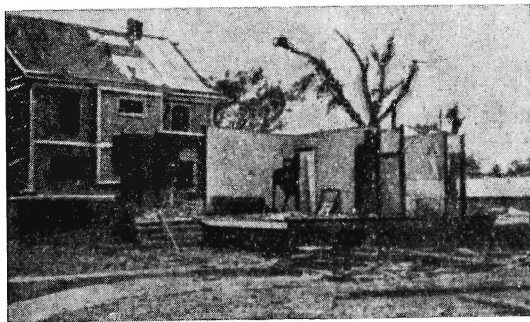
— Хозяин подарил их нам, когда мы с Мартой поженились,— сказал он, пряча часы под куртку.

Небо на западе стало проясняться, длинные желтые лучи заходящего солнца пробивались через беспорядочные массы красных и пурпурных облаков. Я спросил: не лучше ли семье поискать место, где провести ночь, чем тратить время на поиски крыши разрушенного дома?

— Нет, я правильно сделал, обратившись к вам за помощью,— ответил на мой вопрос мужчина.— Я должен искать, даже если поиски займут всю ночь и половину завтрашнего дня. На чердаке я спрятал небольшой ящик. Жена и мать ничего об этом не знают. Это — металлическая коробка, ко-



ТОРНАДО



ОСТАВИЛ



СЛЕДЫ

тору ю я купил в Бирмингеме. Каждую неделю в течение последних шести лет я откладывал в нее немного денег.— Он на минуту замолчал, вытирая мокрое лицо.

— Мне всегда не везло,— сказал он задумчиво.— Мой отец был большой труженик, но у него было слишком много детей и он вынужден был отпустить нас, чтобы каждый сам выбирал свою судьбу. Нам приходилось здорово выкручиваться. Я думал: неплохо, если я смогу хоть немного обеспечить своих близнецов. В эту коробку я уже положил триста долларов.

Делать было нечего, кроме как помочь человеку найти его копилку, исчезнувшую вместе с крышей. Пока мы шли, он вновь заговорил о буре:

— Вдруг эта воронка оказалась над нами и шум стал таким сильным, какого я раньше никогда не слышал. Он был подобен шуму близко летящего самолета или товарного поезда, или чего-то еще, создающего много грохота. Шум был столь сильным, что, казалось, он поглощает все вокруг: зрение, чувства и даже сознание того, где вы находитесь. Когда все стихло, оказалось, что я сижу на полу с полной чашкой кофе в руке, и капли дождя падают на шею.

Минут через пятнадцать мы нашли крышу. Вместе с полом чердака она была унесена торнадо почти на полкилометра. Через минуту мой спутник заполз внутрь чердака и быстро извлек оттуда металлическую коробку. Мы вернулись к оставшимся членам семьи. Я посадил всех в машину и повез в город. Они сказали, что там у них есть родственники, у которых можно пожить, пока чинят их дом на холме.

За последние пятьдесят лет в США ежегодно отмечалось в среднем около 150 торнадо, а в отдельные годы это число менялось от 60 до 200. Количество человеческих жертв каждый год достигало в среднем 200 человек. Наибольшее число жертв было зарегистрировано 18 марта 1925 г., когда в штатах Миссури, Иллинойс и Индиана от торнадо погибло 689 человек. Особенно пострадал город Тьюпело (штат Миссисипи), где погибло 216 человек. На следующий день стихийное бедствие повторилось в 500 км к востоку от Гейнсвилла (штат Джорджия) и унесло еще 203 жизни.

11 апреля 1965 г. вошел в историю как день особенно яростных многократных атак торнадо. В вербное воскресенье после полудня

в штатах Айова, Иллинойс, Огайо и Индиана 37 мощных вихревых воронок разрывали облака и терзали землю. После того как небо прояснилось, нашли 250 убитых и в 10 раз больше раненых; множество людей осталось без крова*.

Некоторые явления, сопровождающие торнадо, столь фантастичны, что вызывают недоумение. Время от времени в отдельные районы страны ветер приносит опцианных кур и уток. Случается, что автомобили с пассажирами взлетают в воздух, а затем опускаются невредимыми на землю. Есть много фотографий, где запечатлены куски бревен и тонкие соломинки, вонзившиеся в стволы огромных деревьев, словно волшебный меч короля Артура, рассекавший камни. Кажется невероятным, что кусок бревна или хрупкая соломинка могут пронзить такой твердый материал, как дерево, и держаться в нем столь прочно. Известны даже случаи, когда деревянные бруски пробивали листы железа толщиной в 1 см.

В штатах Канзас, Алабама и Огайо бывало так, что люди, поднятые над землей и унесенные в вихре торнадо, оставались живы и могли поделиться необычными впечатлениями. В штате Миссисипи женщина с ребенком на руках оказалась в ста метрах от дома. Она потом рассказала, как ветер бережно опустил их на травянистый склон.

В последние годы у метеорологов появилась возможность с некоторой степенью вероятности предсказывать направление, по которому распространяется торнадо. Это позволяет организовать предварительное оповещение населения об угрозе торнадо. Например, фермерам, живущим далеко от города, можно передать сигнал по радио или телевидению. Услышав такой сигнал, они отправятся в убежище. Получив предупреждение о возможном торнадо, хозяин фермы дважды подумает, прежде чем послать в поле своих рабочих, и воздержится от поездки в город, пока не

* В 1965 г. («рекордом» по числу торнадо в США) над страной пронеслось 898 разрушительных вихрей. В 1967 г. отмечено 837 торнадо, охвативших 44 штата. Особенно пострадал штат Иллинойс, где погибло 59 человек, хотя число вихрей было довольно скромным — 41 («Science News», 93, 12, 1968).

объявят о наступлении более благоприятных условий погоды.

Однако многие, и в особенности жители густонаселенных районов, скептически относятся к предупреждениям об угрозе торнадо. Их основные возражения сводятся к следующему:

Что должно делать население крупных городов в случае объявления тревоги о торнадо? Должен ли весь город прекращать нормальную трудовую жизнь, пока бюро погоды не сочтет нужным дать отбой?

Бюро погоды спешит согласиться, что современные методы прогноза торнадо позволяют лишь предсказать, в каких районах торнадо может возникнуть. Исходя из этих условий и следует действовать дальше.

Примером своевременного предупреждения об угрозе торнадо следует считать среду 8 июня 1966 г., когда стихийное бедствие обрушилось на город Топика (штат Канзас). В этот день район бухты Тампа, на западном берегу Флориды, был оповещен об ожидаемой атаке урагана Альма — первого урагана в сезоне. Синоптические карты штата Канзас указывали, что в разных частях штата погода резко различная. Через весь штат с запада на восток двигались грозовые тучи. К вечеру из облаков опустился торнадо и поразил город Манхаттан (штат Канзас), расположенный в 80 км к западу от Топика. В течение нескольких минут пострадали 60 человек, был причинен ущерб в 4 млн. долларов.

Через 45 минут бюро прогнозов в Топика предупредило жителей города сигналом тревоги о приближающемся торнадо. 125 тыс. горожан за 15 решающих минут успели спасти жизнь и имущество. (До этого случая в течение многих лет в печати, по радио и телевидению населению разъясняли, как вести себя во время торнадо.) Через 15 минут после первого гудка сирены на землю опустилась страшная облачная воронка, которая заметалась по городу. В течение нескольких минут было убито 15 человек, ранено 450, а 2000 жителей города остались без крова. Прежде всего пострадала юго-западная часть города, затем торнадо двинулся на северо-восток, к городскому аэропорту. Наиболее сильно пострадал университет Уошберна, расположенный к югу от центральной части города. Ни одно здание не избежало повреждений, а некоторые были разрушены полностью. Общий ущерб составил 100 млн. долларов. Разъяренный вихрь, пробившись через весь город на северо-восток, сравнял с землей роскошные особняки и замечательные зда-

ния. Свою разрушительную деятельность он закончил в восточной, промышленной, части города. Разрушения в городе напоминали последствия бомбардировок во время второй мировой войны.

Изучение июньской трагедии в Топика показало, что предупреждение об угрозе торнадо, сделанное бюро погоды, несомненно, помогло спасти сотни жизней. Однако иногда даже самые опытные синоптики бессильны предсказать, где и когда облачная воронка опустится с неба на землю и даст выход своей разрушительной энергии.

Старожилы на юге Флориды гордятся тем, что не боятся ураганов, так как их заблаговременно предупреждают об опасности. Они обычно добавляют, что не хотели бы жить на Среднем Западе, где часто свирепствуют непредсказываемые опустошительные торнадо.

Но вот однажды, апрельским утром, жители солнечного штата (а вместе с ними и метеорологи) убедились в том, что их район подвержен не только ураганам. Местные синоптики впервые наблюдали облака, несущие торнадо, на экранах радаров и на фотографиях со спутников. Так что появились уже некоторые навыки в составлении прогноза торнадо. Это случилось 4 апреля 1966 г. В предыдущую ночь местные метеостанции изучали обширный фронт, распространяющийся с запада на восток через Мексиканский залив. В распоряжении метеорологов были данные о распределении облачных масс, полученные с помощью телевизионной аппаратуры на борту спутника «ESSA-2». Было ясно, что на западном берегу Флориды идут сильные дожди, но ничто не предвещало торнадо.

Как и ожидали, вскоре после полудня на берегу залива начался сильный дождь. Фактически этот дождь принесли другие тучи. Около 8 часов 30 минут утра из облаков опустились два торнадо на расстоянии примерно 500 км друг от друга. Менее мощный вихрь прошел через южную часть округа Пайнлэс. Почти в то же время второй торнадо опустился из дождевых облаков недалеко от центра Клируотера и причинил некоторый ущерб на небольшом отрезке пути. Эта вторая, более мощная воронка поднялась и перескочила через бухту Олд-Тампа; минутой позже она, еще более яростная, вернулась в северо-западную часть Тампа как настоящий торнадо, типичный для Среднего Запада. Торнадо разрушил дома, разметал парк передвижных домиков, вырвал с корнем деревья, забросав ими шоссе.

Пройдя к востоку через весь полуостров, торнадо стих в Атлантическом океане к северу от Мелборна. На его пути оказались города: Лейкленд, Оберндейл и Уинтер-Хейвен. А когда наступило утро, в штате насчитали 20 убитых, 300 раненых; иму-

ществу был нанесен ущерб в миллионы долларов.

Если торнадо формируется над поверхностью воды, то называется «водяным смерчем». По своему характеру он не отличается от наземных собратьев, только реже приносит беду.

Случается, что в отдельных районах страны выпадают дожди из рыб. Например, в породах на берегу Мексиканского залива грозовые шквалы часто сопровождаются «рыбными» дождями. В средневековье верующие поклонялись таким явлениям, считали их «волей всевышнего». Метеорологи, однако, знают, что причиной «рыбного» дождя является водяной смерч, который всасывает воду вместе с мелкой рыбой, а когда смерч ослабевае — рыба с дождем падает на землю.

В городах, расположенных на островах, нередко выпадают дожди с лягушками и голо-

вастиками. Выхваченные смерчем из болота, они иногда падают на большом расстоянии от него. Бывают и «красавые» дожди. Их природа давно разгадана: торнадо, проходя по участку, где почва богата красной глиной, увлекает мельчайшие частицы, которые затем возвращаются на землю в каплях дождя.

В наше время, когда долгосрочный прогноз погоды непрерывно совершенствуется, нет оснований опасаться, что приближающийся ураган застанет врасплох. Но с торнадо дело обстоит иначе. Бюро погоды может указать лишь общий район вероятного возникновения торнадо, точный прогноз его пока невозможен.

*Сокращенный перевод с английского
Л. В. ЕРАСОВОЙ*

ДОЖДЬ ПО ЗАКАЗУ

ГРАД... И ДОЛЛАР



В СССР ученые Высогогорного геофизического института (Нальчик) очень эффективно «расстреливают» из пушек градонесущие облака. Доклад советского ученого Г. К. Сулаквелидзе летом 1968 г. в Торонто на Международной конференции по физике облаков вдохновил и американских исследователей на борьбу с градом.

В США ежегодно град уничтожает урожай на весьма внушительную сумму в 200—300 млн. долларов. В Национальном центре атмосферных исследований США и Национальном научном фонде разработан план экспериментальных работ по рассеиванию иодистого серебра в градонесущем облаке с помощью ракет. Взрыв распыляемого снаряда будет происходить по команде с Земли. Стоимость эксперимента 3—4 млн. долларов в год (!) — сумма очень скромна по сравнению с размером ежегодных убытков от града. Программа рассчитана на 5—10 лет.

«Science News», 94, 11, 1968.



На острове Анегада в Карибском море, где дождевые облака часто лишь обещают осадки, на помощь приходит... асфальт. На полигоне залита асфальтовая полоса длиной 15 км. Этот зачерненный участок способствует сильному разогреву местности и, как «спусковой крючок», помогает облаку вылиться дождем. Первые результаты опытов 1968 г. обнадеживают и доказывают реальную возможность увлажнения засушливых районов.

«Science News», 94, 13, 1968.

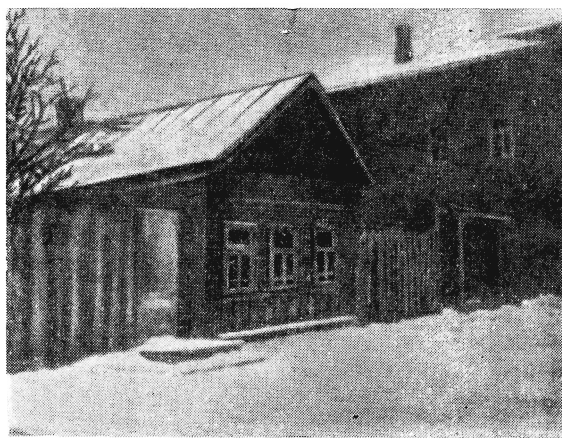
Феодосий Николаевич Красовский и развитие геодезии в нашей стране

Научная, педагогическая и общественная деятельность выдающегося астрономо-геодезиста и картографа Феодосия Николаевича Красовского началась на рубеже XIX и XX вв. и развивалась в эпоху возникновения и становления советской геодезии и картографии. Его научные труды в значительной мере сформировали советскую геодезию, признанным и долголетним руководителем которой был Феодосий Николаевич.

О ранних годах жизни Ф. Н. Красовского нам известно очень мало. Он родился 26 сентября 1878 г. в Галиче, Костромской губернии, в семье служащего. Начальное образование получил в Галичском уездном училище (ныне Галичская средняя школа № 4 имени Ф. Н. Красовского). После окончания училища он поступил казеннокоштным воспитанником в общеобразовательные классы Московского межевого института. Успешно окончив эти классы, Ф. Н. Красовский перешел на инженерные курсы того же института, который окончил в 1900 г. с золотой медалью и был оставлен в институте для научной и педагогической деятельности. Кроме того, он прошел дополнительную, научную подготовку в Пулковской астрономической обсерватории и на физико-математическом факультете Московского университета. Его непосредственными учителями были такие выдающиеся ученые, как И. А. Иверонов и А. С. Васильев по высшей геодезии, В. К. Цераский и А. П. Соколов по практической астрономии, Л. К. Лахтин по высшей мате-

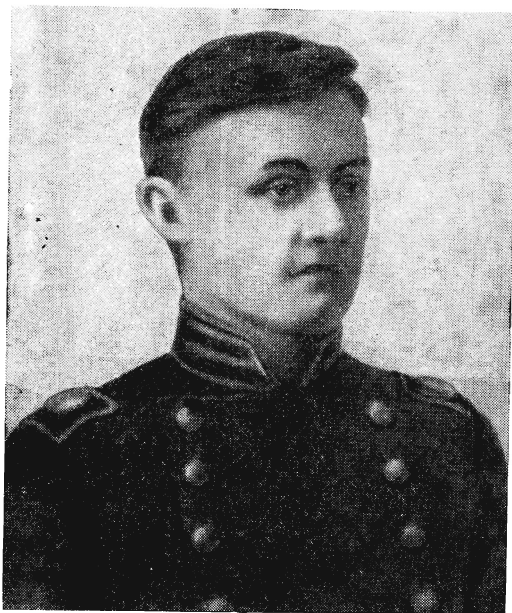
матике, будущий академик С. А. Чаплыгин по теоретической механике. Под их влиянием формировались научные взгляды и интересы молодого Красовского как педагога и ученого, которому было суждено внести огромный вклад в развитие геодезии и картографии.

Ф. Н. Красовский принадлежит к числу тех крупных ученых, которые в своей деятельности не только широко охватывают избранную ими область науки, но занимаются и вопросами смежных с ней отраслей знания. Так, работая главным образом в области высшей геодезии, он много занимался вопросами практической астрономии, гравиметрии и картографии. Его исследования по каждой из этих дисциплин завершились постановкой и решением принципиальных вопросов большого научного и практического значения.



Домик в Галиче, где жил Ф. Н. Красовский

Доклад на IV пленуме ЦС ВАГО, посвященный 90-летию со дня рождения Ф. Н. Красовского.



Ф. Н. Красовский после окончания Московского межевого института в 1901 г.

Есть косвенные свидетельства о том, что Ф. Н. Красовский свою научную деятельность начал еще в студенческие годы. Определение размеров земного трехосного эллипсоида из русских градусных измерений — одна из первых его работ. Исследования по определению фигуры и размеров Земли стали главным содержанием научной деятельности Ф. Н. Красовского на протяжении всей жизни, а его идеи сформировали отечественную астрономо-геодезическую науку.

В дореволюционные годы Ф. Н. Красовский одновременно с педагогической деятельностью в Московском межевом институте и Московском высшем техническом училище занимался инженерными изысканиями, съемкой городов и полевыми астрономическими работами. В эти же годы он разработал проекцию для карты Млечного Пути и провел ряд астрономических экспедиций в Восточной Сибири. Его опубликованные отчеты об этих экспедициях показывают, как много усовершенствований внес ученый в методы и организацию полевых астрономических работ того времени. Впоследствии Ф. Н. Красовский разработал названный его именем способ определения азимута земного

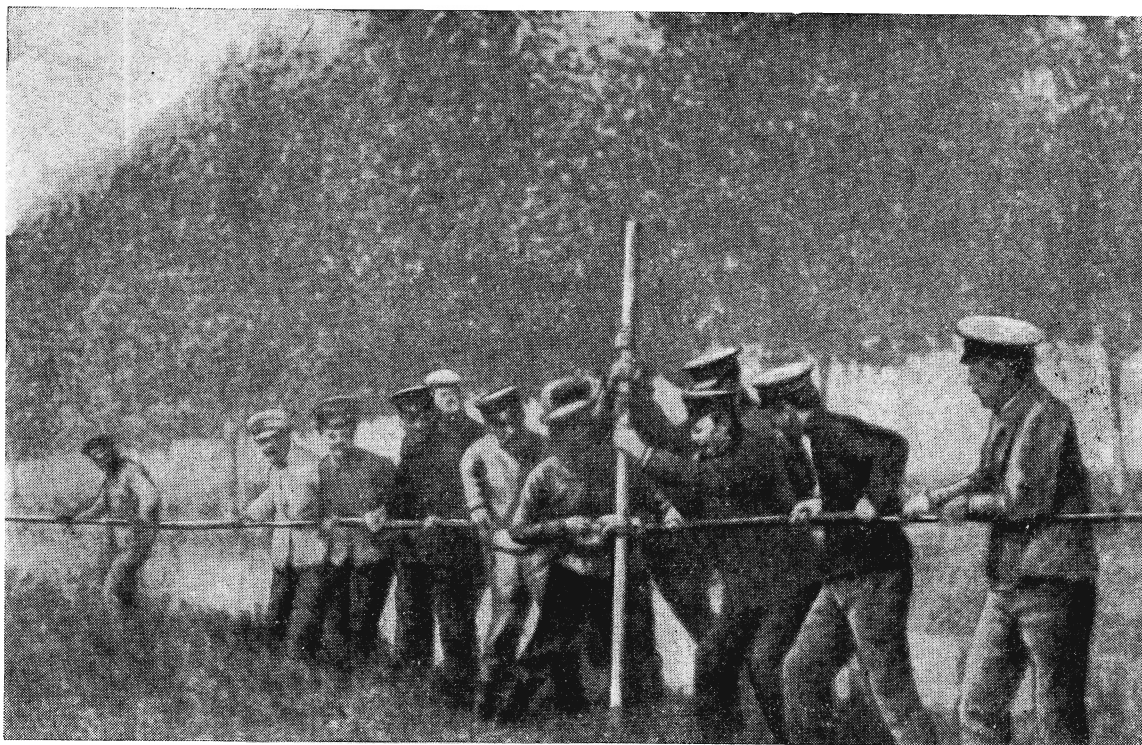
предмета из измерения горизонтального угла между Полярной и вспомогательной звездами.

После Великой Октябрьской революции наступили годы расцвета научной, педагогической и общественной деятельности Ф. Н. Красовского. В 1919 г. его избрали ректором Московского межевого института, где он основал кафедру высшей геодезии, которой бесценно руководил. Феодосий Николаевич содействовал организации Геодезического факультета (ныне — Московский институт инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии), ставшего колыбелью высшего геодезического и картографического образования в нашей стране.

Разрабатывая учебные планы и программы для Геодезического факультета (а затем и для института), Ф. Н. Красовский усилил преподавание математики, геодезии, высшей геодезии и астрономии, включил в программы изучение теории фигуры Земли, гравиметрии, основ геофизики и других научных дисциплин. Занимаясь педагогической деятельностью, Ф. Н. Красовский создал ряд учебных пособий и фундаментальное руководство по высшей геодезии в двух частях (1938—1942 гг.), которые содержат наиболее полное для того времени изложение методов основных геодезических работ и математических теорий высшей геодезии. За вторую часть этого руководства в 1943 г. автор был удостоен Государственной премии СССР.

Как педагог и ученый, глубоко понимающий основные проблемы геодезической науки и значение теорий и методов геодезии для решения различных инженерных и народнохозяйственных задач, Ф. Н. Красовский оказал сильное влияние на постановку и содержание высшего геодезического образования. Он был постоянно озабочен тем, чтобы подготовка геодезистов высшей квалификации была основана на глубоком изучении теорий астрономо-геодезических и физико-математических дисциплин и помогла решать как научные проблемы геодезии, так и инженерные задачи. Ф. Н. Красовский ставил задачу о разработке основ инженерной геодезии как научной дисциплины. К сожалению, как нам кажется, эта важная задача в полной мере еще не решена до сих пор.

В 1919 г. по декрету, подписанному В. И. Лениным, было организовано Высшее геодезическое управление, ныне Главное уп-



ИЗМЕРЕНИЕ БАЗИСА по бичеве (третий справа — Ф. Н. Красовский)

равление геодезии и картографии при Совете Министров СССР. Свою многообразную деятельность Ф. Н. Красовский тесно связал с научными и производственными задачами этого учреждения, призванного нести государственную геодезическую и картографическую службу в нашей стране. Освободившись от обязанностей ректора Московского межевого института, но оставаясь руководителем кафедры высшей геодезии и проводя большую научно-педагогическую работу, он с 1921 г. стал работать в Высшем геодезическом управлении. С 1924 по 1930 г. был председателем Научно-технического совета, заместителем начальника Управления и осуществлял научно-техническое руководство основными геодезическими и картографическими работами в СССР.

Перед Высшим геодезическим управлением с самого начала возникли большие теоретические и производственно-технические задачи, связанные с построением опорной геодезической сети и постановкой топо-

графических съемок. Эти задачи в условиях огромной территории СССР оказались настолько сложными, что они не могли быть решены без соответствующих научных исследований. В связи с этим, в 1929 г. был организован Государственный институт геодезии и картографии, переименованный впоследствии в Центральный научно-исследовательский институт геодезии, аэросъемки и картографии (ЦНИИГАиК). Ф. Н. Красовский стал первым его директором и до 1937 г. — научным руководителем этого института, который очень быстро превратился в основной центр развития научной мысли в области геодезических знаний.

Ф. Н. Красовский пересмотрел прежние принципы построения опорной геодезической сети и доказал их непригодность в условиях большой страны. На основании своих теоретических исследований о действии и накоплении погрешностей измерений в триангуляции он разработал в 1928 г. стройную, научно обоснованную схему и про-

грамму построения государственной триангуляции в СССР. Он решил вопросы об оптимальных размерах полигонов триангуляции I класса, о необходимой густоте базисов и пунктов Лапласа, т. е. таких пунктов, в которых с высокой точностью из астрономических наблюдений определяются широты, долготы и азимуты. Он разработал принципы построения следующих классов триангуляции внутри отдельных полигонов триангуляции I класса.

Предложенная Ф. Н. Красовским схема и программа государственной триангуляции в СССР предусматривала построение астрономо-геодезической сети, удовлетворяющей как требованиям топографического изучения страны, так и целям решения научных проблем геодезии. Впоследствии она неоднократно пересматривалась и совершенствовалась, но основные ее идеи сохраняются в неизменном виде до сих пор. Идеи Ф. Н. Красовского о проблеме построения опорной геодезической сети оказали влияние на постановку основных астрономо-геодезических работ и за рубежом.

В конце 20-х годов на европейской территории СССР образовалась значительная по тому времени астрономо-геодезическая сеть и возникла задача ее уравнивания и математической обработки. Некоторые методы уравнивания астрономо-геодезической сети были намечены еще в работах немецкого геодезиста Ф. Р. Гельмерта, который связывал эту задачу с одновременным определением размеров земного эллипсоида и его ориентировки в теле Земли — установлением так называемых исходных геодезических дат. Но Ф. Н. Красовский подверг их коренному пересмотру и разработал свой метод уравнивания астрономо-геодезической сети. Прежде всего, он отделил задачу собственно уравнивания астрономо-геодезической сети от задачи определения размеров земного эллипсоида и его ориентировки в теле Земли. Он усовершенствовал теории и упростил методы составления условных уравнений астрономо-геодезической сети, связывающих погрешности или поправки измеренных в ней астрономических и геодезических величин. Глубокие идеи Ф. Н. Красовского в вопросах использования азимутов Лапласа при уравнивании обширных астрономо-геодезических сетей еще не исчерпаны и долгое время будут иметь основополагающее научное значение.

В связи с задачами уравнивания астрономо-геодезической сети Ф. Н. Красовский подробно разработал и редуцированную проблему геодезии. В ней много математических трудностей, да и физическая природа, обусловленная особенностями фигуры и гравитационного поля Земли, сложна. Еще до работ Ф. Н. Красовского не очень ясно мыслились два метода решения этой проблемы. Один из них допускал приведение результатов геодезических измерений лишь к уровню моря, т. е. к поверхности геоида. Однако дальнейшая математическая обработка их производится так, как будто они уже приведены к поверхности некоторого референц-эллипсоида, в той или иной мере характеризующего фигуру Земли. Второй метод решения редуцированной проблемы геодезии заключается в приведении результатов геодезических измерений непосредственно к поверхности принятого референц-эллипсоида. Однако совершенно не были изучены особенности этих методов и последствия применения каждого из них при математической обработке геодезических измерений. В своих исследованиях Ф. Н. Красовский показал, что первый из этих методов — по Ф. Н. Красовскому, метод развертывания — приводит к значительным дополнительным деформациям астрономо-геодезической сети, неподдающимся математическому анализу (кроме тех, которые вызваны неизбежными погрешностями измерений). Ф. Н. Красовский доказал, что второй метод решения редуцированной проблемы геодезии — метод проектирования, ранее почти не имевший применения, заключается в проектировании геодезических пунктов или геодезических измерений на поверхность референц-эллипсоида по нормалям к ней в этих пунктах и свободен от тех или иных математических недостатков. После работ Ф. Н. Красовского метод проектирования стал вполне осознанно применяться в СССР и за рубежом.

Обработка астрономо-геодезической сети методом проектирования поставила задачу изучения отступлений геоида от земного эллипсоида. Но ранее существовавший метод решения этой задачи, а именно метод астрономического нивелирования, оказался непригодным в условиях большой территории нашей страны, так как он требует большой густоты астрономо-геодезических пунктов. Поэтому Ф. Н. Красовский думал о разра-

ботке более рационального метода изучения фигуры геоида путем совместного использования астрономо-геодезических и гравиметрических данных. Это было сделано одним из его учеников, ныне членом-корреспондентом АН СССР М. С. Молоденским — основоположником современной геодезической гравиметрии.

В своих исследованиях Ф. Н. Красовский разработал и методы уравнивания сплошных сетей триангуляции: довел до практических приложений теорию широко применяемого в настоящее время метода уравнивания сплошной сети в косвенных измерениях. Его работы по усовершенствованию методов, программ и инструментов геодезических измерений было бы очень трудно перечислить.

Ф. Н. Красовский разработал и многие математические вопросы высшей геодезии и методы решения геодезических задач на поверхности земного эллипсоида. В прощ-



Памятник Ф. Н. Красовскому на Введенском кладбище

лом положения опорных геодезических пунктов определялись в географических координатах, которые не очень удобны для топографических съемок и совсем не пригодны для инженерно-геодезических работ. Ф. Н. Красовский своими трудами содействовал широкому применению в геодезических работах СССР плоских прямоугольных координат в проекции Гаусса — Крюгера. Теория и практика применения этой системы координат разработана Ф. Н. Красовским настолько полно, что последующие исследования почти ничего не добавили к его достижениям.

По постановлению Совета Труда и Оборона СССР в 1934 г. была начата общая гравиметрическая съемка нашей страны. Правильно оценив значение этого научного мероприятия, Ф. Н. Красовский разработал проект развития гравиметрических работ, отвечающих запросам геодезии в СССР. Вместе с тем он высказал основные идеи по использованию гравиметрических данных для решения научных проблем и практических задач геодезии и картографии.

Теории и методы высшей геодезии Ф. Н. Красовский рассматривал в свете решения широкого круга задач не только геодезии, но и других наук о Земле. Он разработал современную постановку высокоточного и точного нивелирования и доказал, что работы по высокоточному нивелированию должны служить, прежде всего, целям изучения разности уровней морей и океанов, вертикальных движений суши и т. д. В связи с этими идеями, работы Главного управления геодезии и картографии при Совете Министров СССР по высокоточному нивелированию получили правильное направление и позволили составить карту современных вертикальных движений земной коры в пределах европейской территории СССР.

К началу 30-х годов Ф. Н. Красовский как ученый приобрел огромный и заслуженный авторитет, а его труды получили широкую известность не только в СССР, но и в зарубежных странах. Он активно участвовал в работах международных конференций Балтийской геодезической комиссии. На этих конференциях он достойно представлял советских геодезистов, выступая с докладами о достижениях геодезической науки в СССР. Признанием больших научных заслуг Ф. Н. Красовского явилось избрание его в 1933 г. вице-президентом, а в 1936 г. —

президентом Балтийской геодезической комиссии.

К сожалению, научная деятельность Ф. Н. Красовского в области топографии и картографии до сих пор еще мало изучена. Но даже то, что хорошо известно, представляет большой вклад в топографическое изучение и картографирование нашей огромной страны. Он разработал коническую равнопромежуточную проекцию, наиболее приспособленную для отображения территории нашей страны на географических картах и получившую в свое время широкое применение. Еще в 1923 г. Ф. Н. Красовский пришел к выводу, что создание точной топографической карты СССР в масштабе 1:100 000 является главной задачей государственной геодезической службы нашей страны. В то же время он разработал наиболее приемлемую систему масштабов топографической съемки и выдвинул идею о районировании территории СССР для целей картографирования. Позднее Ф. Н. Красовский разработал задачи и методы использования результатов землеустроительных, лесоустроительных и изыскательских работ для составления государственной топографической карты. В 1938 г. он вновь вернулся к постановке задачи картографирования территории СССР и на основании накопившегося опыта предложил новые решения вопросов о масштабах и содержании топографических карт.

Вызывает удивление, что в течение первого десятилетия деятельности Высшего геодезического управления небольшой коллектив под руководством Ф. Н. Красовского выполнил огромную работу, составив инструкции по триангуляции различных классов, по астрономическим работам, высокоточному нивелированию, топографическим и городским съемкам. Эти инструкции, неоднократно пересматривавшиеся и уточнявшиеся на основании новых достижений геодезической науки и техники, обеспечили единство методов и высокую точность перечисленных работ на всей территории СССР.

В 20-х годах Ф. Н. Красовский избирается заместителем председателя Геодезического комитета при Госплане СССР, призванного определять задачи и направления астрономо-геодезических и топографических работ в нашей стране. Впоследствии он был активным членом коллегии Главного управления геодезии и картографии при Совете



Феодосий Николаевич Красовский (1878—1948)

Министров СССР. Не было ни одного научного, технического или организационного мероприятия в области геодезии и картографии, в разработке и проведении которого Ф. Н. Красовский не принимал бы непосредственного участия.

Свою научную деятельность Ф. Н. Красовский начал с определения размеров земного эллипсоида. Этой проблемой он занимался почти всю жизнь. Его исследования по вопросам построения опорной геодезической сети, уравниванию астрономо-геодезической сети, постановке гравиметрической съемки и высокоточных нивелирных работ — непрерывная цепь его мыслей о задачах изучения фигуры Земли. Однако к непосредственным исследованиям определения размеров земного эллипсоида из градусных измерений он вновь приступил лишь в начале 30-х годов.

Исследования по изучению фигуры Земли, ее вида и размеров Ф. Н. Красовский подчинил задачам установления размеров референц-эллипсоида и исходных геодезических дат для уравнивания астрономо-геодезической



Стенд, посвященный памяти Ф. Н. Красовского, в Галичской средней школе № 4

Фото Л. Н. Кириллова

сети СССР. Он, прежде всего, научно обосновал требования к выбору размеров земного эллипсоида и его ориентировки в теле Земли применительно к нуждам и задачам астрономо-геодезических и картографических работ в СССР. Вместе с тем он усовершенствовал математические теории и методы определения размеров земного эллипсоида из градусных измерений и обосновал идеи совместного использования астрономо-геодезических и гравиметрических данных для решения основной научной проблемы геодезии.

Используя обширные для своего времени материалы градусных измерений СССР, Западной Европы и США, Ф. Н. Красовский в 1936 г. опубликовал результаты определения размеров земного эллипсоида. Однако он считал, что полученные им результаты нуждаются в уточнении, поэтому дальнейшие исследования поручил своим ученикам в ЦНИИГАиКе, осуществляя общее научное руководство. В результате дальнейших исследований в ЦНИИГАиКе на основании более обширных градусных измерений и гравиметрических определений в начале 1940 г. были получены новые данные о размерах земного эллипсоида. Эти данные приняты для геодезических работ в СССР под названием «земного эллипсоида Красовского». Впоследствии эллипсоид Красовского был принят в геодезических работах и других

социалистических стран Европы и Азии. За исследования по определению размеров земного эллипсоида в 1953 г. Ф. Н. Красовскому посмертно была присуждена Государственная премия СССР.

С момента определения размеров земного эллипсоида Красовского прошло уже почти 30 лет. За это время появились новые методы и новые результаты определения фигуры и размеров Земли (наземные астрономо-геодезические и гравиметрические данные, наблюдения за движением искусственных спутников в гравитационном поле Земли). Однако результаты новейших исследований подтверждают, что параметры эллипсоида Красовского совершенно точно характеризуют полярное сжатие Земли, а радиус экватора, рассчитанный Красовским, содержит небольшие ошибки, которые не имеют особого значения для геодезических и картографических работ.

В 1939 г. Ф. Н. Красовский был избран членом-корреспондентом Академии наук СССР. В этот период он начал исследования по некоторым научным задачам астрономо-геодезии, связанным с изучением строения твердой оболочки Земли. Он стремился выдвинуть исследования по высшей геодезии на линию развития исследований по геофизике и связать их с некоторыми общими проблемами, которые лежат на стыке этих наук. Ретроспективно рассматривая развитие высшей

геодезии, он указывал, что ее методы в прошлом позволили достаточно обоснованно определить сплюснутость земного шара и выяснить главные закономерности внутреннего строения Земли. Он справедливо отмечал, что высшая геодезия на заре своего становления, когда еще «не было никакой геофизики», решила очень важную геофизическую проблему.

По мнению Ф. Н. Красовского, результаты астрономо-геодезических и гравиметрических работ, т. е. данные о распределении отклонений отвесной линии и аномалий силы тяжести, могут быть использованы для выяснения вопросов о внутреннем строении Земли и особенно земной коры. Он даже предполагал, что решение этих геолого-геофизических задач найдет «отражение в планах государственных

астрономо-геодезических и гравиметрических работ». К сожалению, эти идеи Ф. Н. Красовского еще не получили должного развития в трудах современных геодезистов и ожидают будущих исследователей.

Многогранная деятельность и светлое имя Ф. Н. Красовского уже принадлежат истории геодезической и картографической науки. Но он живет в благодарной памяти своих учеников и сподвижников как неутомимый труженик, выдающийся ученый и взыскательный учитель; его многотомные труды призывают к решению новых научных проблем и практических задач геодезии и картографии.

А. А. ИЗОТОВ
профессор

АЛЕКСАНДР ВЛАДИМИРОВИЧ МАРКОВ

19 ноября 1968 г. скончался видный советский астроном, доктор физико-математических наук Александр Владимирович Марков.

А. В. Марков родился в 1897 г. в селе Чернянка Курской губернии. С детства он начал интересоваться астрономией. Еще будучи учеником реального училища, он собрал свой первый телескоп-рефлектор, а восемнадцатилетним студентом Петроградского университета опубликовал первую научную работу, посвященную изучению лунного кратера Платон. Окончив в 1926 г. аспирантуру при Пулковской обсерватории, он много лет рабо-



тал в Ленинградском отделении Центрального научно-исследовательского института геодезии, астрономии и картографии, в Астрономическом институте, в Государственном оптическом институте, а с 1944 г. и до конца жизни — старшим научным сотрудником Главной астрономической обсерватории АН СССР в Пулковке.

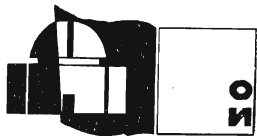
Александр Владимирович был крупнейшим специалистом в области астрономической фотометрии и связанного с ней приборостроения. В 1934 г. он создал первый советский микрофотометр для измерения фотопластинок и еще ряд аналогичных приборов, а затем разработал общую теорию микрофотометров, послужившую темой докторской диссертации, которую А. В. Марков защитил в 1950 г. Не ограничиваясь чистой фотометрией, он вел работы и в смежных областях: спектрофотометрии, поляриметрии и радиометрии, выполнив, в частности, первые в СССР измерения температуры участков поверхности Луны. Непрерывно совершенствуя методику наблюдений, А. В. Марков часто выдвигал идеи, намного опережавшие общее развитие техники. Так, почти два десятилетия назад он предложил поднять на воздушном шаре за пределы тропосферы телескоп с радиометром для измерения температуры Луны. Тогда эта идея казалась фантастической, теперь же общепризнано, что это чрезвычайно перспективный метод измерения инфракрасного излучения небесных тел.

Если основной методикой Александра Владимировича была фотометрия, то основным

объектом изучения с первых до последних лет его научной деятельности была Луна. Какие бы небесные явления А. В. Марков ни наблюдал — солнечные затмения или звезды, планеты или внегалактические туманности, — он неизменно возвращался к Луне, постоянно расширяя и углубляя круг исследований. Особенно много сделал он в те десятилетия, когда Луна была «падчерицей» астрономии: большинство астрономов считали, что наш естественный спутник достаточно хорошо изучен и больше не заслуживает внимания. Работа А. В. Маркова подтвердилась в наши дни, в эпоху космических полетов, когда Луна стала одним из первоочередных объектов исследования, и данные о ней, накопленные Александром Владимировичем и его коллегами, получили важное практическое применение. В последние годы жизни Александр Владимирович принимал активное участие в обработке фотографий обратной стороны Луны.

Беспредельно преданный науке, Александр Владимирович нередко жертвовал ради нее «мелочами быта». Но часто невнимательный к себе, он всегда был чуток к окружающим его людям, и в первую очередь к своим подчиненным и ученикам. К нему можно было прийти за советом и помощью по любому вопросу. Ученики Александра Владимировича навсегда сохраняют добрую память о своем учителе, выдающемся астрономе и очень хорошем человеке.

Д. Е. ШЕГОЛЕВ
кандидат физико-математических наук



**ОБСЕРВАТОРИИ
И ИНСТИТУТЫ**

Новая астрономическая обсерватория Ягеллонского университета в Кракове

Е. РЫБКА

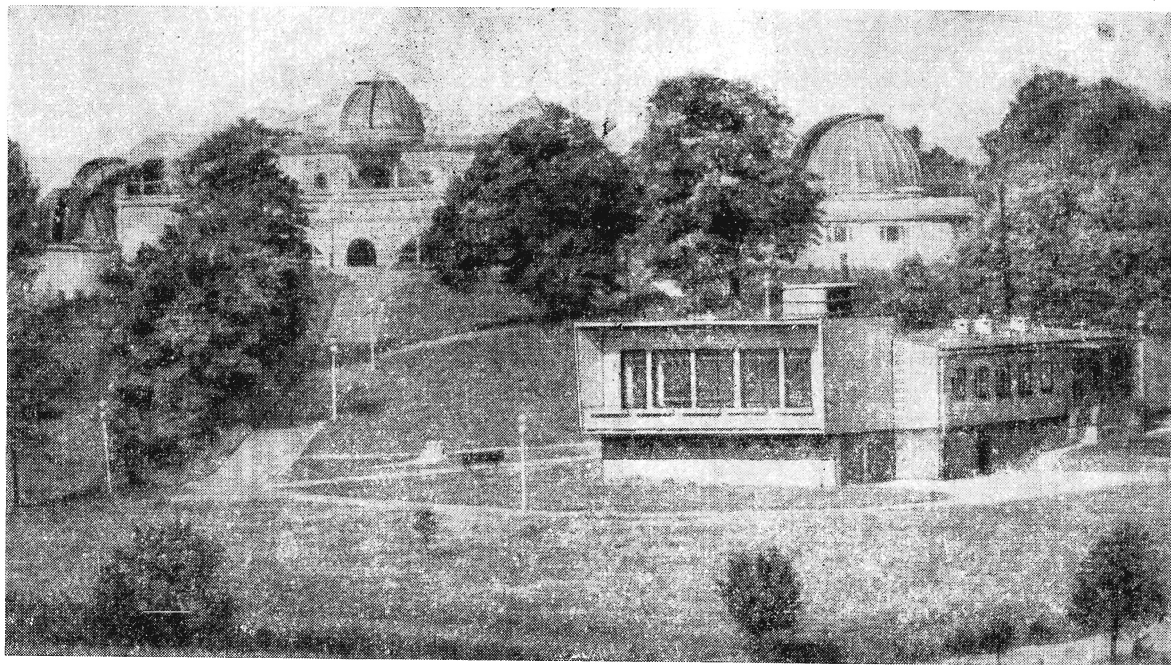
профессор, директор Краковской обсерватории

К 600-летию старейшего в Польше Ягеллонского университета, основанного в 1364 г., на окраине Кракова было закончено строительство новой астрономической обсерватории.

Первая в Центральной Европе кафедра астрономии была создана в Ягеллонском уни-

верситете еще в начале XV в. Особенно высокого расцвета достигла здесь астрономическая наука в конце XV в. (1491—1495 гг.), когда в университете учился Николай Коперник.

История развития научной мысли в Польше знает периоды подъема и упадка. Так, в



Новая Краковская обсерватория

XVII—XVIII вв. Ягеллонский университет пережил период упадка, возрождение его началось лишь в последней четверти XVIII столетия. Именно тогда решено было построить при университете астрономическую обсерваторию, организацию которой поручили молодому талантливому астроному Яну Снядецкому (1756—1830). В 1791 г. Краковская обсерватория начала работать. На меридианных инструментах Я. Снядецким проводили различные наблюдения. Хорошо известны его работы по определению точных положений малых планет Церера и Паллада.

Политические события, связанные с третьим разделом Польши (конец XVIII в.), крайне неблагоприятно сказались на развитии науки. И несмотря на то, что Краковской обсерваторией руководили такие известные астрономы, как М. Вейссе (с 1825 по 1862 г.) и Ф. Карлинский (с 1862 по 1902 г.), обсерватория не пополнялась новыми инструментами, и, естественно, уровень работ, которые выполнялись на обсерватории, не соответствовал требованиям науки. Кроме того, уже с середины XIX столетия район обсерватории интенсивно застраивался, по соседству с обсерваторией вырос главный железнодорожный вокзал города, поэтому возникла острая необходимость перенести обсерваторию за городскую черту. Однако австрийское правительство, в ведении которого находился тогда Ягеллонский университет, отказало в средствах, и перенести обсерваторию за городскую черту не удалось.

В 1918 г. Польша получила независимость. В 1919 г. пост директора Краковской обсерватории занял Тадеуш Банахевич. До приезда в Краков его деятельность была тесно связана с русскими обсерваториями (после окончания Варшавского университета он несколько лет работал на Энгельгардтовской обсерватории близ Казани под руководством Д. И. Дубяго, а позднее — на Юрьевской обсерватории в Тарту).

Оборудование Краковской обсерватории, почти не обновлявшееся с середины XIX столетия, позволяло проводить лишь визуальные оценки блеска переменных звезд и наблюдать покрытия звезд Луной. В 1919 г. диаметр объектива самой крупной астрономической трубы обсерватории составлял всего 13 см. При Т. Банахевиче скудное оборудование обсерватории пополнилось тремя рефракторами с объективами 20 см, а также двойной астрокамерой с объективами 12 см. Т. Банахевич

сумел организовать систематические наблюдения моментов наименьшего блеска затменных переменных звезд, что было весьма актуально для того времени. Эти наблюдения легли в основу издаваемых ежегодно с 1923 г. Краковской обсерваторией эфемерид минимумов блеска сотен затменных переменных.

Старая обсерватория, построенная еще Я. Снядецким, все меньше годилась для астрономических наблюдений. Особенно ухудшились условия наблюдений, когда всего в 5 км от обсерватории возник гигантский металлургический комбинат «Новая Гута». И снова остро встал вопрос о переносе обсерватории. Т. Банахевич нашел новое место для обсерватории в 12 км от городского центра. Окрестности Кракова здесь холмисты. На одном из холмов еще в начале XX в. австрийцы соорудили форт «Скала» для защиты Кракова. Форт возвышается над городом на 100 м и отделен от него лесопарком. В 1954 г. на этом холме был установлен небольшой радиотелескоп, а позднее, уже после смерти Т. Банахевича, построена башня для самодельного 50-сантиметрового рефлектора.

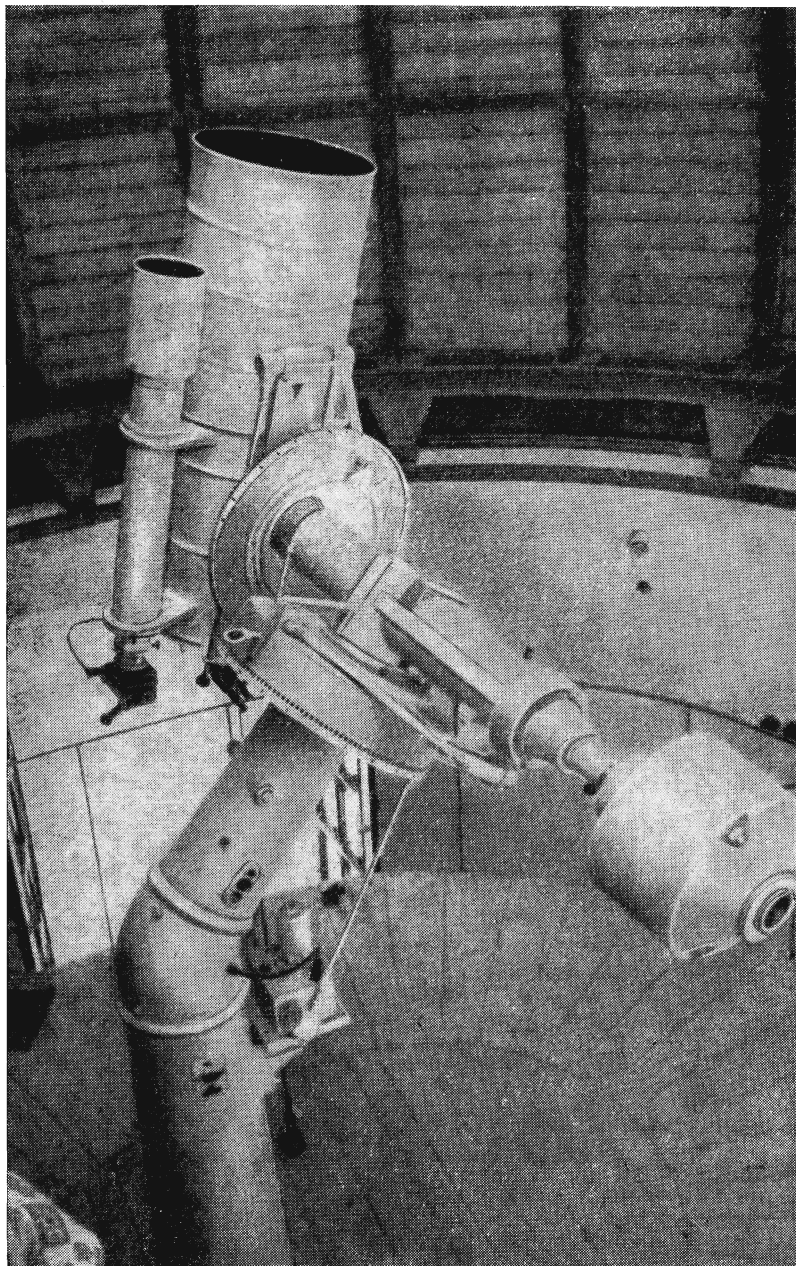
В 1958 г. автор этой статьи был назначен директором Краковской обсерватории. Строительство новой обсерватории в форте «Скала» началось в 1961 г. В мае 1964 г., когда торжественно отмечался юбилей Ягеллонского университета, строительные работы были в основном завершены и уже устанавливали инструменты в павильонах.

Обсерватория раскинулась на площади 6 га. Мастерские разместились в здании бывшего форта, а инструменты — в пяти башнях. Диаметр самой большой башни — 8 м, остальных — 6 м. Пока в обсерватории установлены три оптических телескопа. Два из них (20-сантиметровый рефрактор и двойная астрокамера с объективами 12 см) перенесены из старой обсерватории. Третий телескоп приобретен университетом в 1965 г. на предприятии Карл Цейсс (Йена). Это — каскареновский менисковый телескоп системы Максутава, диаметр его сферического зеркала 37 см, мениска 35 см, эффективное фокусное расстояние 340 см. Телескоп снабжен объективной призмой с диаметром 36 см и преломляющим углом 5°. На этом инструменте фотографируются спектры звезд до 11-й звездной величины, а также ведутся наблюдения Луны и планет. В одном из павильонов монтируется 50-сантиметровый рефлектор, который

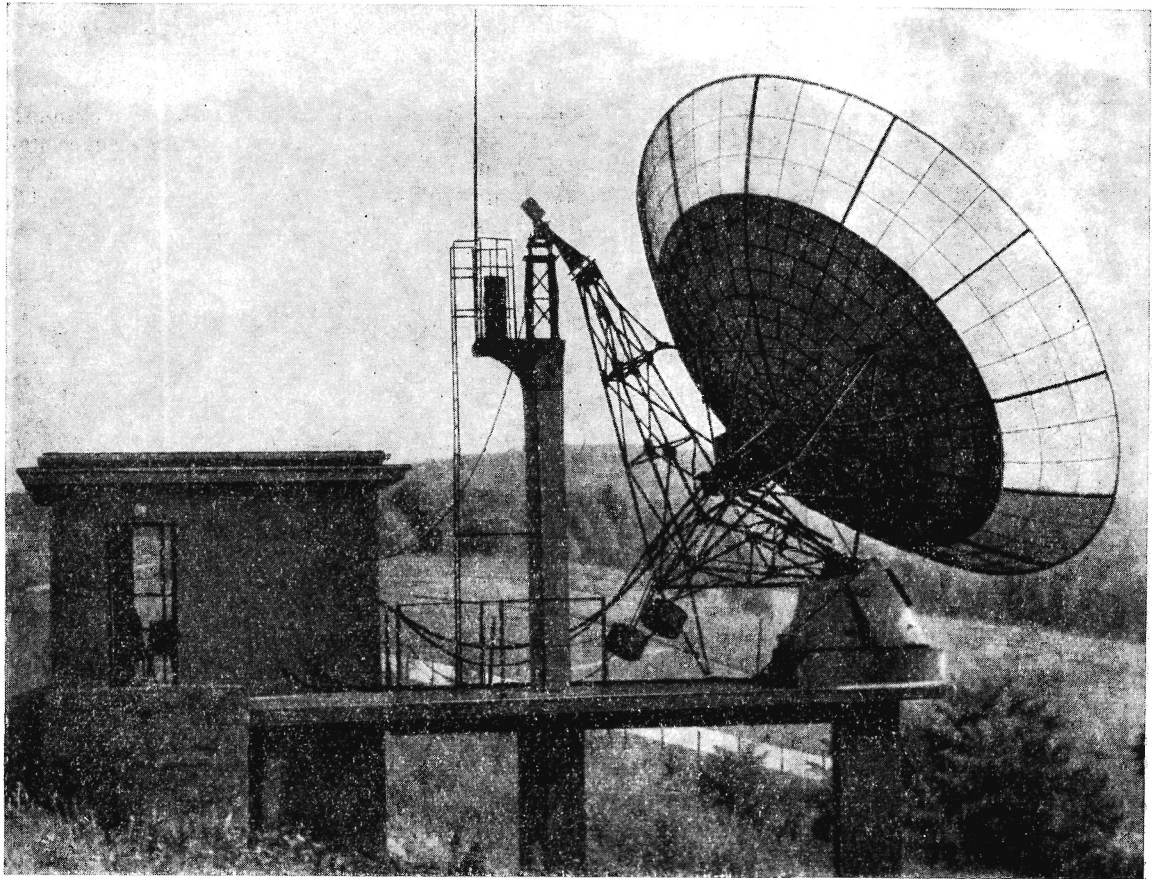
предназначен для фотоэлектрической фотометрии и спектральных наблюдений с помощью целевого спектрографа, изготовленного предприятием Карл Цейсс. В самой большой башне в ближайшие годы будет установлен 70-сантиметровый рефлектор типа «АЗТ-8» с оборудованием для фотоэлектрической фотометрии.

Радиоастрономические наблюдения, в частности регулярные наблюдения радиоизлучения Солнца на частоте 840 *Мгц*, выполняются на 7-метровом радиотелескопе. Завершается постройка 15-метрового радиотелескопа.

Новая Краковская обсерватория активно сотрудничает с Крымской астрофизической обсерваторией АН СССР и Абастуманской



35-сантиметровый менисковый телескоп



7-метровый радиотелескоп

астрофизической обсерваторией АН ГрузССР. Автор статьи совместно с В. Б. Никоновым и С. В. Некрасовой на основе фотоэлектрических наблюдений, выполненных в Крыму, опубликовали «Каталог величин и цветов 278 звезд». Эта работа с участием автора продолжается в Абастумани, а позднее, когда в Краковской обсерватории вступит в строй 70-сантиметровый рефлектор, фотоэлектрические наблюдения по фундаментальной фотометрии звезд начнутся и там.

Новая Астрономическая обсерватория Ягеллонского университета пока еще находится в стадии организации. В плане ее работы — исследования затменных переменных звезд, электрофотометрические, спектрофотометрические и другие наблюдения, в том числе и радиоастрономические. Мы уверены, что астрономы новой обсерватории, следуя давним традициям, сумеют успешно выполнить свои задачи.

Фото Ю. Крайпера

ПУЛЬСАР ОТКРЫТ В ПУЩИНО

В декабре 1968 г. советские радиоастрономы Ю. И. Алексеев, В. В. Виткевич, В. Ф. Журавлев, Ю. П. Шитов открыли пульсар, который получил обозначение RR 0943. Его координаты $\alpha = 09^h 43^m 30^s$; $\delta = +08^\circ$; период составляет 1,09 секунды. Интенсивность излучения пульсара сильно меняется от импульса к импульсу. Наблюдения велись на крестообразном радиотелескопе Радиоастрономической станции Физического института имени П. Н. Лебедева АН СССР в Пуццино.

В. А. СОГЛАСНОВ

ХРОМОСФЕРНЫЕ ВСПЫШКИ

В ОКТЯБРЕ 1968 г.

В конце октября 1968 г. на Солнце, около крупной группы солнечных пятен, наблюдались две мощные хромосферные вспышки. Первая вспышка началась 30 октября в 23 часа 41 минуту всемирного времени и длилась 108 минут. В максимуме вспышки площадь ее составляла 24 квадратных градуса (в гелиоцентрическом измерении). Вторая вспышка произошла примерно через сутки после первой — 31 октября в 22 часа 43 минуты всемирного времени. Продолжительность этой вспышки около 77 минут, ее максимальная площадь 7,4 квадратных градуса.

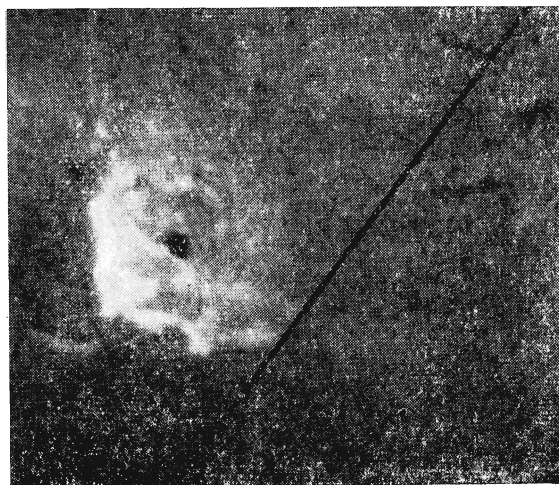
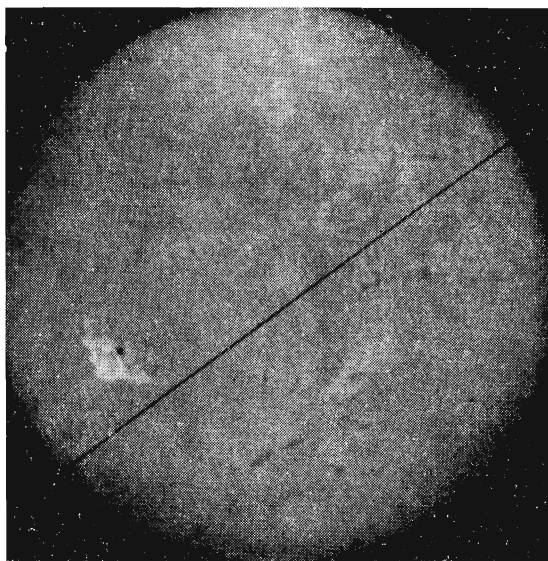
Первая вспышка принадлежит к числу очень редких явлений на Солнце. Нет сомнений, что именно она вызвала самую мощную за последние семь лет магнитную бурю на Земле. Внезапное начало магнитной бури отметили обсерватории Уссурийска, Иркутска и Ташкента в одно и то же время — 31 октября в 08 часов 59 минут (московская обсерватория ИЗМИРАН в 09 часов 18 минут). Следовательно, синхронное возмущение магнитного поля Земли захватило обширную область земной магнитосферы и носило общепланетарный характер. По запаздыванию возмущений Солнце — Земля, которое составило 9 часов 18 минут, удалось определить скорость фронта корпускулярного потока, выброшенного

вспышкой. Эта скорость оказалась равной 4500 км/сек.

Вторая вспышка также вызвала сильную магнитную бурю, начало которой зарегистрировали обсерватории Уссурийска, Иркутска и Ташкента 1 ноября в 9 часов 13 минут. Запаздыва-

ние возмущений Солнце — Земля составило 10 часов 31 минуту. Скорость солнечного ветра достигала 4000 км/сек.

В. Ф. ЧИСТЯКОВ
кандидат физико-математических наук



Солнце 31 октября 1968 г. в 00 часов 06 минут всемирного времени. Нижний снимок — увеличенное изображение вспышки, начавшейся 30 октября, — сделан в 00 часов 18 минут всемирного времени. Фотографии получены сотрудниками Уссурийской солнечной станции



**ДИСКУССИИ,
ГИПОТЕЗЫ,
ПРЕДЛОЖЕНИЯ**

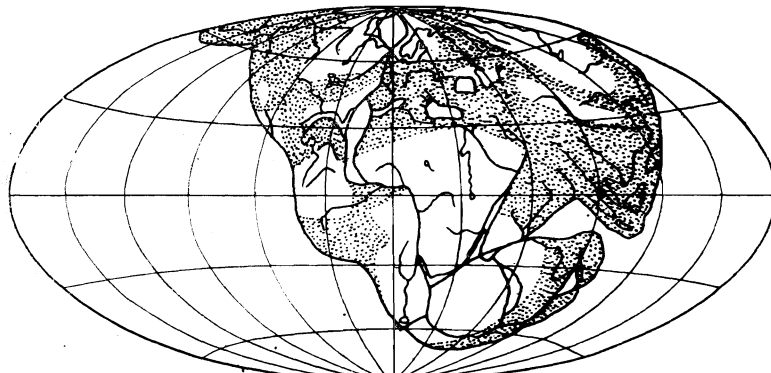
Палеомагнетизм горных пород

и

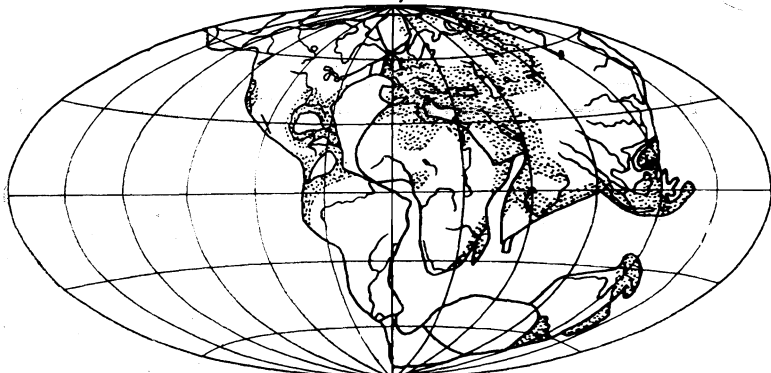
странствующие

материки

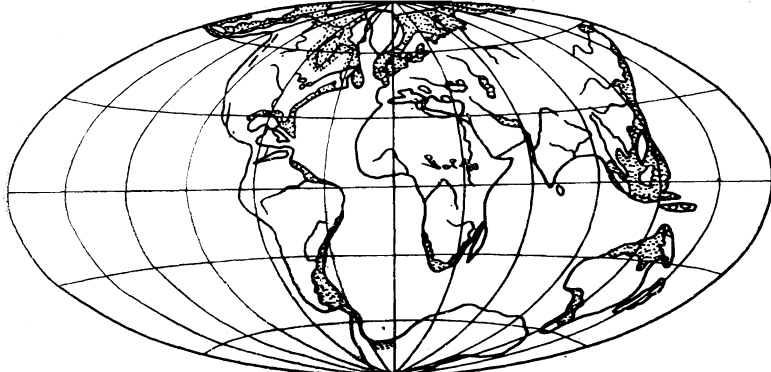
Верхний карбон



Эоцен



Нижнее четвертичное время



ПЕРЕМЕЩЕНИЕ КОНТИНЕНТОВ (по А. Вегенеру). Вверху изображено предполагаемое расположение континентов в позднекаменноугольное время, в центре — в эоценовое, внизу — в древнечетвертичное. Площади, обозначенные точками, — мелкие моря

НЕУМИРАЮЩАЯ ГИПОТЕЗА

Некоторые гипотезы в естествознании обладают удивительной способностью привлекать исследователей вновь и вновь, несмотря на свою противоречивость. «Живучесть» таких гипотез можно объяснить, по-видимому, их кажущейся простотой и наглядностью. Дрейф материков... Опять на страницах научных и научно-популярных журналов широко обсуждается эта гипотеза.

Предложенная в 1924 г. австрийским геофизиком А. Вегенером гипотеза континентального дрейфа сейчас переживает свое второе рождение.

В чем сущность гипотезы дрейфа материков? А. Вегенер предположил, что от начала геологической истории и до конца палеозойской эры (300—400 млн. лет назад) тонкий слой земной коры был единым материком (Пангея). В мезозойскую и кайнозойскую эры начался распад и раздвигание единого материка: Северная и Южная Америка, отколовшись от Европы и Африки и опережая их в своем движении, отодвинулись на 4000 км к западу. Так возник Атлантический океан. Перед фронтом движения Америк земная кора, сопротивляясь дрейфу, смялась в складки — поднялись высокогорные цепи Кордильер и Анд. В это же время Индия, Австралия и Антарктида откололись от Африки, и между ними образовался Индийский океан.

Самый убедительный аргумент гипотезы континентального дрейфа — сходство очертаний континентов, составляющих берега Атлантического океана. А. Вегенер и его последователи обращали также внимание на сходное геологическое строение Южной Америки и Африки, Африки и Индии, Австралии и Антарктиды. Большое сходство в развитии позднепалеозойской и раннемезозойской фауны и флоры на всех материках южного полушария тоже как будто свидетельствует о существовании некогда единого материка.

Почему же многие геологи и геофизики столь решительно выступают против этой гипотезы? Прежде всего потому, что она ничего не объясняет, кроме сходства очертаний противоположных берегов Атлантического океана. Когда геолог выясняет происхождение алмазов и обнаруживает, что они по трубкам взрыва проникли к поверхности Земли с глубин многих десятков километров, он обходится без гипотезы дрейфа материков. Когда сейсмолог устанавливает связь между особен-

ностями геологического строения Памира и очагами землетрясения, расположенными под ним на глубине 200 км, он тоже не обращается к представлениям о дрейфе континентов. Особенности геологического строения на поверхности Земли находят свое отражение в глубоких частях коры до глубин порядка 150—200 км, а в некоторых геологических зонах, например по северному обрамлению Тихого океана, — до глубин 700 км. Связь процессов, происходящих в глубокой мантии Земли (образование алмазов, возникновение землетрясений), с геологическим строением свидетельствует о том, что земная кора неподвижно спаяна с мантией Земли и что скольжение коры по мантии отсутствует.

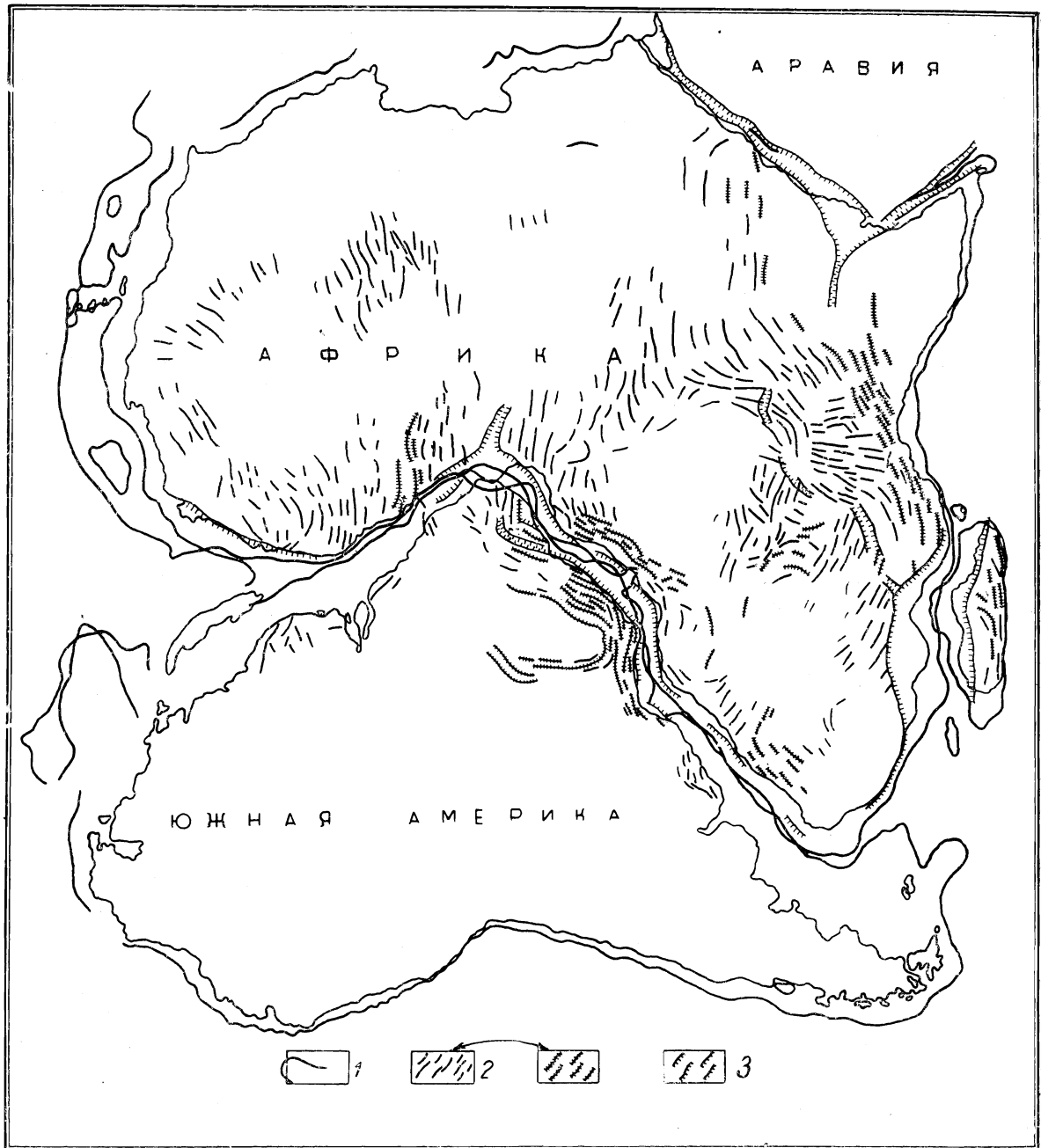
Чтобы обойти эти факты, современные сторонники гипотезы дрейфа (мобилисты) допускают движение не только земной коры, но и части мантии Земли до глубин в сотни километров. Но это пока лишь предположения, не подтвержденные расчетами. Против же перемещения коры и мантии выступают упрямые факты. Непонятно, какие силы приводят в движение участки Земли в сотни километров толщиной? Что происходит со стокилометровой толщей Земли перед фронтом движущегося материка? Почему строение океанической коры там, где материк «проехали», и там, где они не проходили, — одинаково? Таких «почему» множество. О фактах, свидетельствующих против представлений старых и новых мобилистов, сообщалось неоднократно, в том числе и на страницах журнала «Земля и Вселенная»*.

Сейчас мы хотим рассмотреть последний и, пожалуй, наиболее весомый довод в пользу гипотезы дрейфа материков — данные палеомагнитных исследований.

ДРЕВНИЕ МАГНИТЫ В ЗЕМНОЙ КОРЕ

Известно, что некоторые минералы горных пород (магнетит, титано-магнетит — так называемые ферромагнетики) обладают способностью приобретать в магнитном поле намагниченность, т. е. становиться маленькими магнитами. Если затем магнитное поле исчезнет, то по ориентировке этих новообразованных магнитов можно определить направление существовавшего ранее магнитного поля и различить его полюсы. Способность магнети-

* См. В. В. Белоусов. Глубинное строение и развитие Земли. «Земля и Вселенная», № 1, 1967 г.



СОВПАДЕНИЕ КОНТУРОВ материкового склона и сходство строения Южной Америки и Мадагаскара. 1 — изобата 2000 м, 2 — складки в докембрийских породах, 3 — сбросы

та, титано-магнетита и некоторых других минералов сохранять направление и знак магнитного поля называется **остаточной намаг-**

ниченностью горных пород. Горные породы, содержащие минералы ферромагнетитики, можно рассматривать как своеобразные древние

магниты, захороненные в земной коре и показывающие направление того магнитного поля, которое существовало на Земле в эпоху образования этих пород. Несовпадение вектора остаточной намагниченности горных пород с направлением современного магнитного поля Земли привело к выводу о перемещении магнитных (и географических) полюсов*.

Некоторые палеомагнитологи объясняют факт несовпадения направлений на древний полюс для разных континентов перемещением материков. Именно палеомагнитные измерения возродили идею о постепенном отодвигании Европы от Северной Америки, начавшемся в конце палеозойской эры, т. е. в течение последних 300 млн. лет. В печати (особенно зарубежной) появились сообщения о гигантском перемещении материка Австралии в позднем палеозое в приполярные широты. Затем (50—70 млн. лет назад) Австралия, якобы, возвратилась на прежнее место. Палеомагнитные данные допускают не только движение материков, но и их частей. Так, Индия «приплыла» к Азии из южного полушария, а Ньюфаундленд, Мадагаскар, Япония испытывали вращательное движение. Предположения о том, что отдельные части территории СССР перемещались относительно друг друга на расстояния в тысячи километров или поворачивались на углы в несколько десятков градусов, высказывались и в нашей научной литературе**.

ОШИБКИ ИЛИ ДОКАЗАТЕЛЬСТВА?

Надежность и достоверность палеомагнитных реконструкций вызвали длительную дискуссию, продолжающуюся и сейчас. Некоторые палеомагнитологи, например Е. Телье, обращают внимание на то, что многие кардинальные вопросы палеомагнитного метода еще далеки от окончательного решения и что даже исходные положения остаются гипотезами.

Мы не будем спорить о том, насколько безупречна методика палеомагнитных измерений и какие возможны при этом случайные и

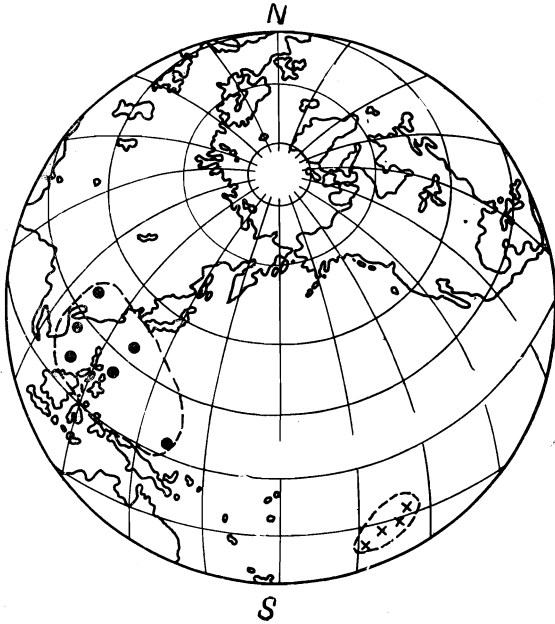
* Подробнее см. С. П. Бурлацкая, Т. Б. Нечаева, Г. Н. Петрова. Что такое археомагнетизм. «Земля и Вселенная», № 3, 1966 г.; Г. Н. Петрова. Магнитные исследования и их роль в изучении внутреннего строения Земли. «Земля и Вселенная», № 4, 1968 г.

** А. Н. Храмов, Л. Е. Шолпо. Палеомагнетизм. «Недра», 1967 г.

Абсолютный возраст в млн. лет	Геологические периоды	Геологические эры	Геологические этапы	
0	Неоген (N ₂)	Кайнозой	Альпийский	
25	Палеоген (T ₁)			
50				
75	Мел (C ₂)	Мезозой		
100				
125	Юра (J)			
150	Триас (T ₂)			
175				
200	Пермь (P)	Палеозой		Герцинский
225				
250	Карбон (C)			
275				
300	Девон (D)			
325			Каледонский	
350	Силур (S)			
375				
400	Ордовик (O)			
425				
450	Кембрий (Cm)			
475				
500				
525				
550				
		Рифей (R) 1500-550 млн. лет		

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ летоисчисление

систематические ошибки. Чтобы убедиться в достоверности палеомагнитных реконструкций, сопоставим результаты палеомагнитных исследований на разных континентах. Если окажется, что по результатам палеомагнитных измерений можно представить последовательное смещение континентов во времени, то мы вынуждены будем принять точку зрения мобилистов, ибо случайные данные о положении магнитных полюсов не могут дать закономерной картины дрейфа материков. Ну а если сопоставление имеющихся палеомагнитных данных приведет к противоречивым комбинациям, мы должны тогда сделать вывод о том, что палеомагнитные данные пока не подтверждают гипотезу континентального дрейфа.



ПОЛОЖЕНИЕ ПОЛЮСА в рифейскую эру по образцам пород из двух районов Сибирской платформы. Если использовать образцы из бассейна Алдана, то полюс окажется в центральной части Тихого океана (положения полюса обозначены крестиками), а по образцам, взятым в среднем течении Енисея, положение полюса окажется на расстоянии 10 000 км от предыдущего (положения полюса показаны кружками)

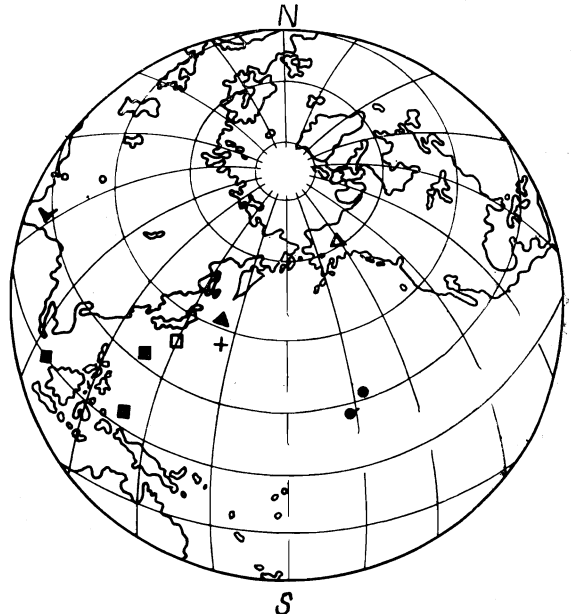
В последние годы в Советском Союзе объем палеомагнитных исследований в европейской части страны и в Сибири существенно увеличился. Вместе с палеомагнитными измерениями в Западной Европе и Северной Америке эти исследования достаточно полно характеризуют северное полушарие.

В своем анализе мы будем опираться на сводную таблицу палеомагнитных наблюдений в СССР, а также на две последние зарубежные сводки. А. Н. Храмов и Л. Е. Шолпо, обобщившие материал по Советскому Союзу, отмечают, что в их таблице собраны только определения положения полюсов из образцов, проверенных на магнитную стабильность. Каждое определение получено на основании измерений значительного числа образцов (от 10 до 300), взятых из разных мест по геологическому разрезу.

Обратимся к палеомагнитным данным по территории СССР. На одном из рисунков по-

казаны положения полюсов в рифейскую эру (1500—500 млн. лет назад) по образцам, собранным из различных районов Сибири. Разброс координат полюса в рифейское время достигает 90° , т. е. 10 000 км. Если объяснить эти расхождения с позиций гипотезы горизонтальных перемещений, то мы должны допустить, что Сибирь возникла из кусков земной коры, «пропльвших» до встречи тысячи километров. Между тем данные геологии свидетельствуют, что еще до рифейской эры Сибирь (Сибирская платформа) существовала в тех же размерах, что и сейчас.

Положение сибирских магнитных полюсов в палеозойской эре рассмотрим для трех геологических периодов: ордовика (начало палеозоя), карбона и перми (конец палеозоя). Положения полюсов по образцам пород ордовикского возраста образуют две группы, одна из которых (полюсы по сибирским образцам)



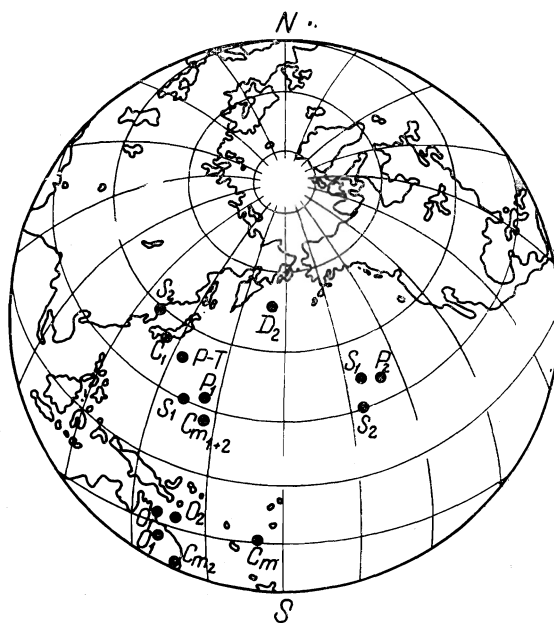
▼-1 ●-2 +-3 ▲-4 ■-5 □-6 △-7

ПОЛОЖЕНИЯ ДРЕВНИХ ПОЛЮСОВ в пермский период: 1 — полюс, вычисленный по образцам горных пород из Верхоянского хребта, 2 — из района Владивостока, 3 — из Минусинской впадины, 4 — из Приенисейско-Абаканской впадины, 5 — из Кузнецкого бассейна, 6 — из района устья Нижней Тунгуски, 7 — из бассейна реки Оломон (северо-восточная часть СССР). Реконструкция по образцам из района Владивостока позволила поместить древний полюс на Соломоновы острова, а по образцам из Верхоянского хребта — в район Бомбея

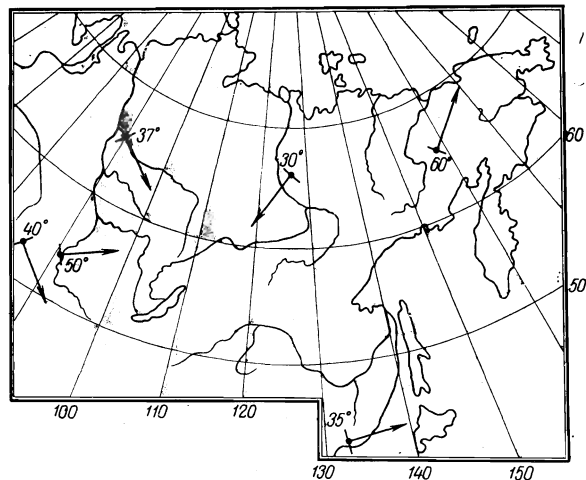
расположена в районе Австралии, а вторая (по образцам Европы, Урала и Сибирской платформы) — в северо-западной части Тихого океана, т. е. на расстоянии более 6000 км. С позиций мобилизма необходимо допустить, что часть Сибири в послеордовикское время сдвинулась на тысячи километров или повернулась на десятки градусов. Для пород каменноугольного периода из Минусинской впадины и Кузбасса разброс достигает 3500 км (расстояние между Африкой и Америкой), а для пород европейской части СССР — 5000 км.

Наиболее наглядно противоречие палеомагнитных реконструкций на примере пород пермского периода. Если согласиться с теми палеомагнитологами, которые объяснят расхождение палеомагнитных данных относительным смещением участков материка, то необходимо допустить, что за послепермское время Минусинская и Приенисейско-Абаканская впадины перемещались монолитно с Европой, тогда как расположенная рядом с ними Кузнецкая впадина прошла путь в 5000 км или вращалась.

Мы привели факты, указывающие на огромные расхождения в определении положения



ПОЛОЖЕНИЕ ПОЛЮСА, полученное по образцам из района устья нижней Тунгуски. В рифейскую эру (R) полюс находился к юго-западу от Австралии. В раннем кембрии (St₁) полюс располагался в двух местах: 1 — в районе островов Фиджи (западная часть Тихого океана), 2 — в северо-западной части Тихого океана, т. е. на расстоянии 4500 км от первого. В среднем кембрии (St₂) и позднем кембрии (St₃) полюс переместился в Южную Австралию, т. е. на 7000 км. В течение раннего (O₁) и среднего ордовика (O₂) он находился в северо-восточной части Австралии. В раннем силуре полюс снова перекочевал в северное полушарие, причем по одному определению он близок к полюсу в кембрии, а по второму — расположен на расстоянии 5500 км. Для позднего силура (S₂) — тоже два полюса: один из них в районе Кореи, а второй — в восточной части Тихого океана, т. е. на расстоянии 7500 км. В раннем девоне полюс находился в северо-западной части Тихого океана. Для среднего девона (D₂) получены три положения полюса: в северо-восточной части Тихого океана, в районе Алеутской гряды и около Японии, т. е. на расстоянии 3000 км друг от друга и на расстоянии 5000 км от полюса в раннем девоне. Для раннекаменноугольного времени (C₁) полюс попадает в район Японии. Наконец, последнее определение полюса из района низовой Нижней Тунгуски относится к пермо-триасовым (P—T) изверженным породам. Полюс оказался в северо-западной части Тихого океана, к юго-востоку от Японии.



НАПРАВЛЕНИЕ ПАЛЕОМЕРИДИАНОВ и палеоширот в пермское время на территории Сибири и Дальнего Востока. Стрелками показано направление древних меридианов, а числами — градусы древних широт. Для того чтобы получить единую систему меридианов и параллелей, необходимо допустить, что части Сибирской платформы и Дальнего Востока за послепермское время передвигались на тысячи километров и поворачивались на углы в десятки градусов

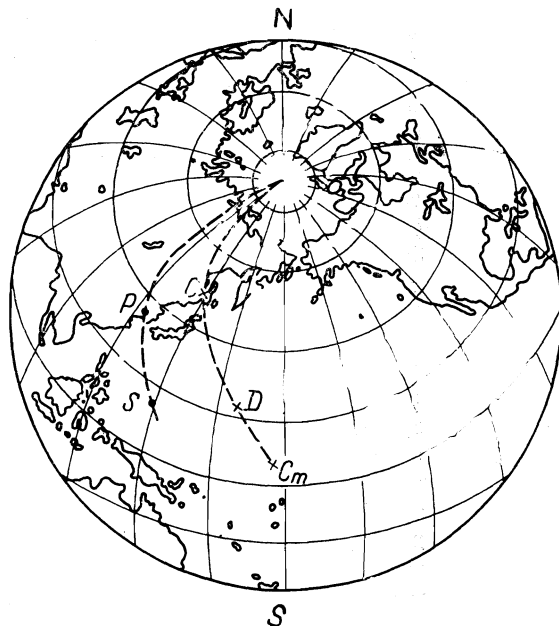
полюса по равновозрастным отложениям одного района, например Сибирской платформы или ее частей. Поскольку при определении относительного смещения материков нередко пользуются кривыми миграции полюса, построенными по серии определений из равновозрастных пород, взятых из одного района, проследим на рисунке путь миграции полюсов участка Сибирской платформы (Нижняя Тунгуска). Намечаются три района, удаленных друг от друга на 5—7 тыс. км, между которыми «скачет» полюс. Пример с «миграцией» полюсов района Нижней Тунгуски наглядно свидетельствует о каких-то крупных ошибках в определении полюса по палеомагнитным данным.

Определение вектора намагниченности по образцам из Верхоянского хребта показало, что полюс «скачет» и здесь. В поздней перми он находился в Индии, в раннем триасе — на Сахалине, а в ранней юре перемещается в район Котласа на Русской платформе. С позиций сторонников дрейфа мы не должны удивляться, что за 25—50 млн. лет (с позднего триаса по раннюю юру) Верхоянский хребет повернулся на 180°.

ИЗМЕНИЛОСЬ ЛИ РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ МОСКВОЙ И ИРКУТСКОМ?

Палеомагнитные данные по зарубежным территориям северного полушария (Западной Европы и Северной Америки) в свое время послужили основанием для предположения о том, что Европа отодвинулась от Северной Америки.

Сейчас, когда накопилось более 100 определений положения полюса по породам из Сибири, ошибочность такого предположения стала очевидной. Оказалось, что в большинстве своем полюсы для среднего и верхнего палеозоя и мезозоя, определенные по образцам, собранным из восточных районов СССР, легли между европейскими и северо-американскими данными и даже ближе к американским. Сторонники гипотезы дрейфа должны допустить, что Северная Америка передвинулась одновременно с Азией. Если точно придерживаться палеомагнитных данных, то следует принять, что в послепалеозойское время расстояние между европейской частью СССР и Восточной Сибирью сократилось на несколько тысяч километров. Заметим, что еще



ПУТЬ МИГРАЦИИ ПОЛЮСА, вычисленный по северо-американским палеомагнитным измерениям, показан кружками, а по западно-европейским — показан крестиками (1957—1960 гг.)

до начала их предполагаемого «оближения» эта территория испытала складкообразование и приобрела строение консолидированной платформы. Предполагать сближение европейской части СССР и Восточной Сибири нет оснований и по другой причине. Сумма имеющихся к настоящему времени отобранных и наиболее надежных палеомагнитных данных по Северной Америке и Евразии свидетельствует, что прежние данные ошибочны.

Для континентов южного полушария (Африки, Южной Америки и Антарктиды) есть лишь единичные определения полюса, на основании которых делать какие-либо заключения о несовпадении палеомагнитных полюсов еще преждевременно.

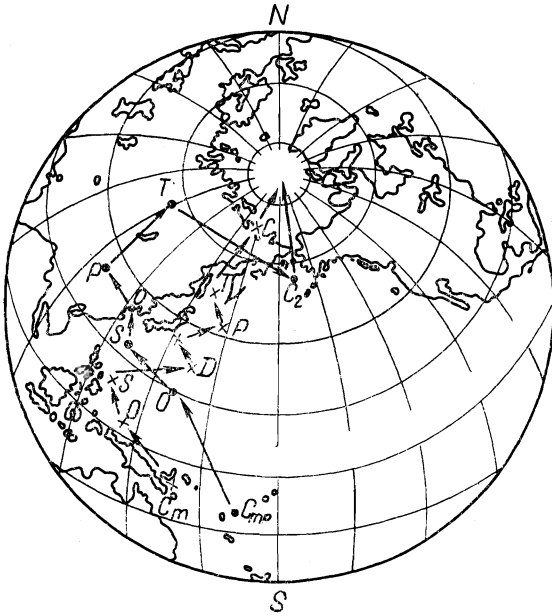
Результаты палеомагнитных исследований позволяют нам сделать следующие выводы: палеомагнитные наблюдения еще настолько неточны и противоречивы, что их трудно использовать и для доказательства, и для опровержения гипотезы об относительном смещении континентов или их частей.

Намечается закономерность: чем больше палеомагнитных наблюдений по какому-либо региону, тем шире разброс в положении па-

Палеомагнетизм

и дрейф

КОНТИНЕНТОВ



ПУТИ МИГРАЦИИ ПОЛЮСА, вычисленные по северо-американским палеомагнитным измерениям, показаны кружочками, а по евразийским данным — крестиками (Эрвинг, 1964). Пути миграции полюсов неоднократно пересекаются. До сих пор основным аргументом сторонников гипотезы дрейфа материков было представление о расколе и раздвигании единого материка. И вот (по палеомагнитным данным) оказывается, что единого материка не существовало, и континенты по обе стороны Атлантического океана находились в палеозое еще на большем расстоянии друг от друга, чем сейчас. Этот пример показывает, что величина ошибки в палеомагнитных определениях соизмерима с шириной Атлантического океана

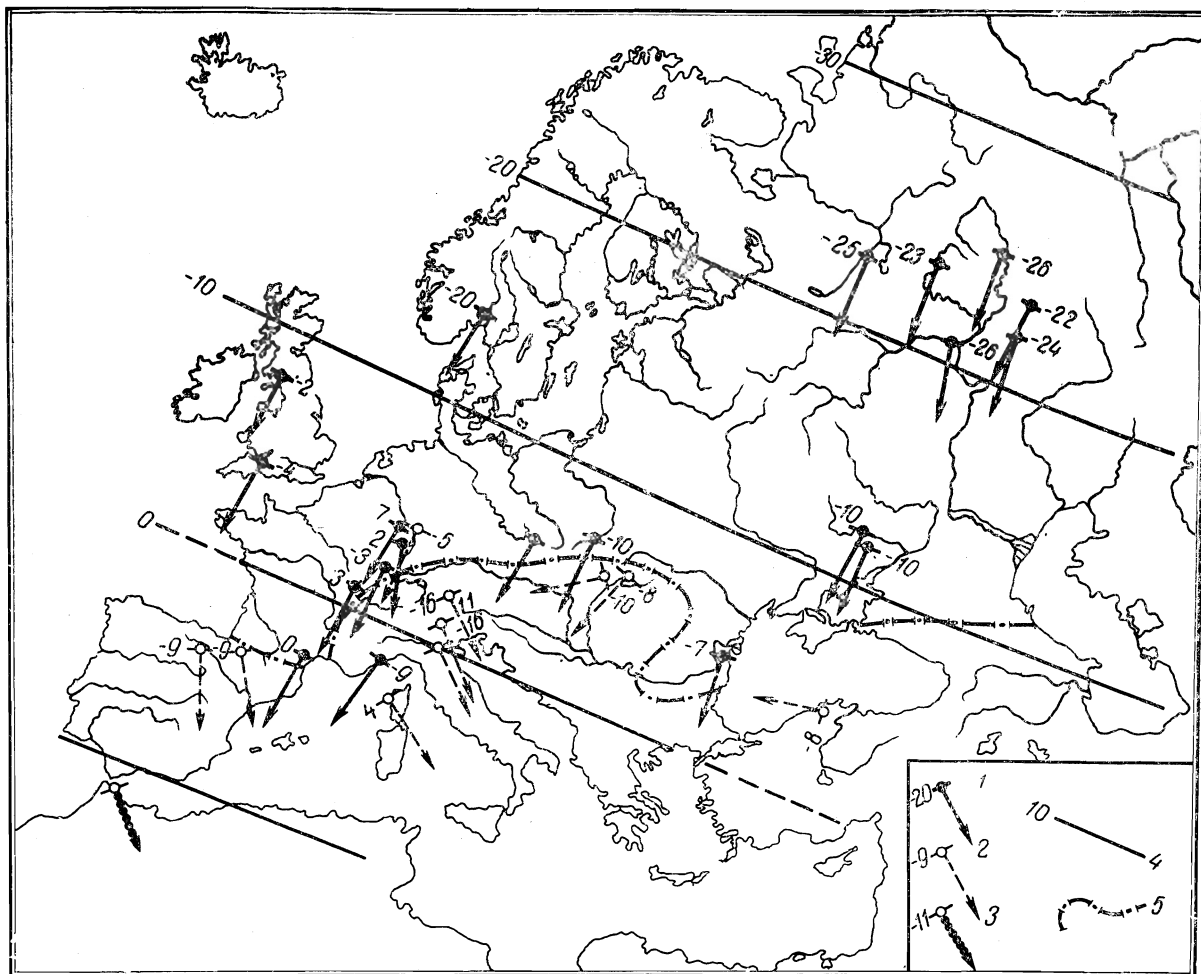
леомагнитных полюсов, определенных по породам одной геологической эпохи, взятым с одного материка или даже из одного района. Максимальное количество данных собрано для карбонового, пермского и триасового периодов. Однако и для них величина разброса палеомагнитных полюсов достигает 5000—6000 км. (Названное число — современная точность палеомагнитных измерений.) Но эта «точность» не соблюдается для геологических периодов более древних, чем каменноугольный. Для рифея, кембрия, ордовика и силура разброс данных достигает 10 000 км, т. е. максимально возможной величины расхождения полюсов, когда магнитные оси Земли расположены перпендикулярно.

И. А. РЕЗАНОВ
кандидат геолого-минералогических наук

Палеомагнитные исследования дали новые, принципиально важные сведения о геомагнитном поле и условиях в земном ядре, необходимых для регенерации этого поля. Однако некоторые геологи рассматривают новые сведения только с позиций дискуссии между сторонниками и противниками гипотезы дрейфа континентов.

Траектории движения геомагнитного полюса, полученные для разных континентов, смещены относительно друг друга; этот результат лежит за пределами возможных ошибок палеомагнитного метода. Одно из возможных объяснений этого результата — перемещение континентов. С точки зрения магнитологов, такое объяснение столь же хорошо, как любое другое объяснение, внешнее по отношению к магнитным методам. Очевидно, геологам и палеомагнитологам следовало бы вместе подумать, какие причины, кроме дрейфа континентов, могли обусловить такое смещение; однако, как ни странно, этот вопрос совместно не обсуждается.

Сторонники мобилизма с удовольствием принимают на веру любой результат палеомагнитной работы, не задумываясь о достоверности полученных сведений, и иногда «на основании палеомагнитных данных» приходят к реконструкциям, за которые палеомагнитологи не могут нести ответственность. Противники мобилизма пытаются доказать порочность самого палеомагнитного метода. Именно этому и посвящена статья И. А. Резанова. Мы не будем останавливаться на ряде неточностей, содержащихся в этой статье, так как важным, с нашей точки зрения, является не то, плохо или хоро-



ПАЛЕОМАГНИТНАЯ КАРТА Европы для пермского периода. Векторы намагниченности проведены так, что их начало показывает место отбора образцов горных пород. Направления горизонтальной составляющей земного магнитного поля в районах: 1—Северо-Европейской платформы, 2—зон альпийской складчатости и 3—Южной Африки. Числа около стрелки означают палеомагнитную широту; 4—средние палеомагнитные широты в области платформы пермского периода; 5—северная граница альпийской складчатой зоны

шо излагает И. А. Резанов принципы и методы палеомагнитологии, а то, как следует обращаться с палеомагнитными данными при решении геологических задач.

По мере накопления палеомагнитных данных разные авторы составляли и публиковали их сводки. Последние сводки (а рассматривать имеет смысл только последние, потому что в более ранние мог попасть недостоверный материал) содержат сведения о месте отбора, геологической привязке, возрасте, проверке надежности, статистической

обработке и, наконец, о координатах древнего полюса. Очевидно, если бы сводки предназначались не для анализа данных, а для примитивного нанесения древних полюсов на карту (что, собственно, и обсуждается в статье И. А. Резанова), достаточно было бы трех граф: координаты отбора, возраст горных пород, координаты древнего полюса. Кстати, карты с распределением древних полюсов есть во многих публикациях палеомагнитологов, так что картина разброса полюсов, красочно обрисованная И. А. Резанов

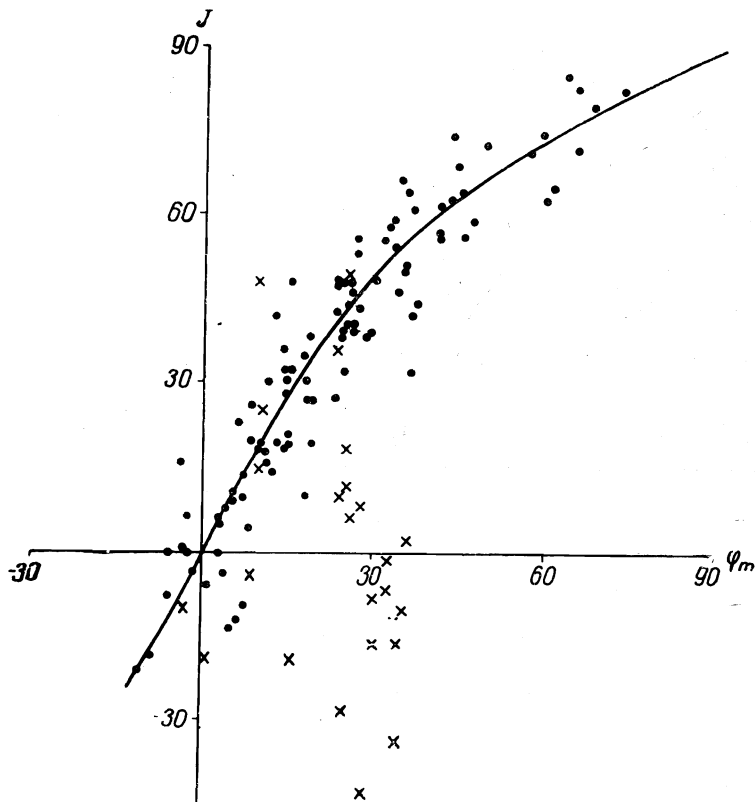
вым, хорошо известна палеомагнитологам. Если же палеомагнитологи делают на основании определений древних полюсов какие-то выводы, кроме вывода о неточности и противоречивости палеомагнитных наблюдений, то только потому, что, во-первых, таблицы содержат существенные данные (кроме трех упомянутых выше), а во-вторых, решению какой-либо задачи по палеомагнитным данным должен предшествовать анализ, который позволит выбрать данные, пригодные для решения именно этой задачи.

Полный и серьезный анализ палеомагнитных определений и возможности их использования при решении различных геологических задач (определении возраста породы, времени метаморфизма, корреляции разрезов, тектонических реконструкциях, изучении горизонтальных перемещений и т. д.) приведен в специальных монографиях. В настоящей заметке, естественно, приходится ограничиться лишь несколькими примерами с целью не столько доказать справедливость того или иного положения (для этого пришлось бы поднять ряд вопросов, касающихся

физической основы палеомагнетизма, методов отбора коллекций, их экспериментального исследования и статистической обработки), сколько дать представление о подходе палеомагнитологов к использованию палеомагнитных данных.

Прежде всего, следует подчеркнуть некий очевидный факт: нельзя использовать одни и те же результаты для решения двух противоположных по смыслу задач. Для решения основной задачи палеомагнетизма — изучения древнего геомагнитного поля, а также для определения координат древнего полюса можно использовать только те данные, которые безукоризненны с геологической стороны. Это значит, что данные получены на породах, возраст которых точно известен, и либо доказано отсутствие смещений и деформаций земной коры, либо надежно установлены их характер и величина. Следовательно, только эти измерения могут быть привлечены к решению вопроса о крупных горизонтальных перемещениях. Палеомагнитные данные, полученные на породах с неточно определенным возрастом

ДИПОЛЬНОЕ МАГНИТНОЕ ПОЛЕ обладает круговой симметрией относительно оси диполя, следовательно, две величины — склонение и наклонение — вполне определяют положение геомагнитного полюса. На рисунке сплошной линией показана зависимость угла J (палеонаклонение) от широты φ . Точками обозначены соотношения между J и φ для отдельных коллекций образцов в правильной системе палеоширот, построенных как результат осреднения палеомагнитных данных для Северо-Евразийской платформы, крестиками обозначены те же соотношения для измерений в Северной Америке



или неизвестной тектоникой, могут быть использованы только для уточнения возраста пород или для тектонических реконструкций.

Далее, анализировать палеомагнитные данные правильнее не по расположению древних полюсов, а по направлению магнитных меридианов в месте отбора образцов и палеомагнитной широте места.

Сравнивая положения древних полюсов, либо заранее предполагают неподвижность участков земной коры (с момента образования пород до настоящего времени) в местах, где был произведен отбор, либо сразу делают определенные предположения о характере движений в прошлом.

Палеомагнитные меридианы определяются по горизонтальной составляющей намагниченности горных пород, а палеомагнитные широты (φ) вычисляются по углу J между полным вектором намагниченности и горизонтальной плоскостью: $\text{tg } J = 2 \text{tg } \varphi$ (формула дипольного поля).

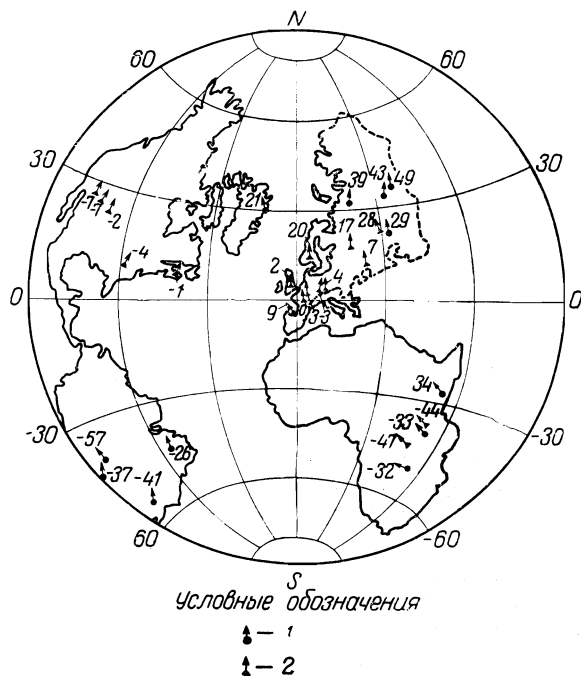
В платформенных областях палеомагнитные данные обнаруживают определенную закономерность: палеомагнитные меридианы для разных мест отбора в полосе, прилегающей к древнему экватору, параллельны, а палеошироты располагаются в правильной последовательности. Для тектонически активных районов характерны большие разбросы направлений палеомеридианов и, подчас, неправильное чередование палеоширот. Отклонения от закономерностей палеомагнитных данных для платформ обнаруживаются в районах широкоразвитого метаморфизма, пусть даже слабого, в частности в тех районах Сибирской платформы, где региональный прогрев осадочной толщи в эпохи траппового магматизма (т. е. интенсивных вулканических излияний), по-видимому, нарушил согласованность палеоширот и палеомеридианов. Подобные же результаты, полученные и для других континентов, заставляют утверждать, что для сопоставления палеомагнитных данных по разным континентам могут быть использованы только данные по платформам, причем для пород, не подвергавшихся метаморфизму.

Палеошироты для платформенных областей каждого континента образуют правильную систему, подчиняющуюся дипольному распределению, но для разных континентов эти системы не согласованы.

Мы не специалисты по палеоклиматам, и поэтому не останавливаемся на обсуждении

надежности того соответствия между палеоклиматическими и палеомагнитными данными, на которое неоднократно обращали внимание многие исследователи. Мы можем лишь утверждать, что в настоящее время надежных палеомагнитных определений по Северной Америке и Евразии достаточно, чтобы считать расхождение палеоширот этих двух континентов выходящим за возможные ошибки метода. Однако, если распространить систему палеоширот, построенных относительно одной из палеоширот Евразии, на Американский континент, то никакого соответствия этим палеоширотам фактических данных по палеонаклонениям Америки наблюдаться не будет. Не будет и удовлетворительного согласия ориентировки палеомеридианов. Если провести палеомеридианы согласно показанным на рисунке векторам намагниченности, то европейские и американские меридианы пересекутся в разных точках.

С геомагнитной точки зрения такой результат может быть объяснен только не-



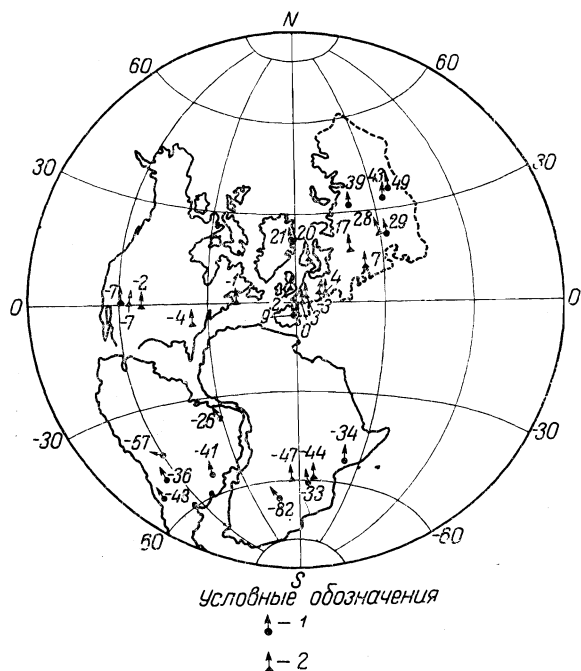
ВНУТРЕННЯЯ (ДЛЯ КАЖДОГО ИЗ КОНТИНЕНТОВ) И ВНЕШНЯЯ (ДЛЯ РАЗНЫХ КОНТИНЕНТОВ) согласованность палеомагнитных данных для позднего карбона и ранней перми (300—250 млн. лет назад). Географическая сетка соответствует палеомагнитному полюсу по данным палеомагнитных измерений в Подмоскowie: слева —

дипольностью поля. Однако это объяснение требует дополнительных предположений. Во-первых, следует допустить, что аномалии, отличающие древнее поле от дипольного, присущи только континентам, т. е. обусловлены строением коры. В настоящее время этого не наблюдается. Более того, анализ современного магнитного поля показывает, что отклонения поля от дипольного не являются аномалиями в буквальном смысле, т. е. они вызываются не строением оболочек Земли, а особенностями процессов, происходящих во внешнем ядре и на границе ядра с оболочкой. Во-вторых, следует допустить, что эти аномалии на протяжении десятков миллионов лет были неподвижны относительно континентов, тогда как современные континентальные аномалии смещаются, обнаруживают тенденцию западного перемещения и изменяются за время, доступное наблюдению. В-третьих, следует допустить, что изменения движения вещества в ядре, способные сменить полярность геомагнитного поля на обратную, не затрагивают тех особенностей

движений, которые обуславливают недипольность поля.

Поскольку по современным представлениям о происхождении главного геомагнитного поля принять такие допущения нельзя, приходится констатировать, что описанное выше расхождение палеомагнитных данных для разных материков нельзя объяснить особенностями геомагнитного поля. С другой стороны, это расхождение сильно уменьшается, если материки расположить так, как этого требуют реконструкции сторонников мобилизма, выполненные совершенно независимо от палеомагнитных данных. Трудно поверить, что такое поразительное согласие данных из совершенно различных источников может быть случайным.

Итак, на примере одного из отрезков геологического времени можно увидеть, что при дифференцированном подходе к палеомагнитным данным дрейф континентов является той рабочей гипотезой, в рамках которой эти данные интерпретируются наиболее просто. Безусловно, существуют более трудные для анализа геологические периоды и эры, такие, как рифей, и такие территории, как складчатые области и районы развития вулканической деятельности, палеомагнитные данные по которым отягощены грузом позднейших влияний. Однако проистекающий отсюда разброс данных имеет конкретные физические и геологические причины и не может поставить под сомнение достоверность тех палеомагнитных определений (например, по карбону и перми Европы и Северной Америки), которые уже сейчас могут быть привлечены для изучения дрейфа континентов. Для того чтобы решить эту проблему, т. е. превратить гипотезу дрейфа в теорию или опровергнуть ее, необходимо не только повышение точности палеомагнитных определений и увеличение их числа (то и другое весьма желательно прежде всего на южных континентах). Необходимо также последовательный анализ всей цепи фактов, имеющих отношение к проблеме дрейфа континентов, с выделением наиболее достоверных следствий из каждой группы этих фактов и поиском альтернативных решений. Это в равной мере относится и к исследованию явлений палеомагнетизма, и к другим отраслям науки о Земле.



при современном взаимном расположении континентов; справа — при совмещенных контурах материкового склона (по Булларду и др.); 1 — наиболее достоверные палеомагнитные направления, установленные по многим палеомагнитным определениям в пределах района 300×300 км²; 2 — прочие палеомагнитные направления

Г. Н. ПЕТРОВА
доктор физико-математических наук
А. Н. ХРАМОВ
доктор физико-математических наук



Сейсмология взрывов изучает глубины Земли

Осенью 1968 г. в ленинградском Доме ученых состоялось совещание геофизиков Англии, Канады, СССР, США, ФРГ, Франции и Японии, занимающихся изучением строения земной коры и верхней части мантии методами взрывной сейсмологии.

За последние 20 лет взрывная сейсмология широко применяется при изучении глубинного строения земных недр. На земном шаре общая длина профилей, на которых проводилось изучение всей толщи земной коры, превышает 200 000 км. Если из этих профилей составить одну линию, то ею можно обер-

нуть Землю по экватору примерно 5 раз. Однако глубинное строение нашей планеты изучено все еще недостаточно и очень неравномерно, особенно в труднодоступных районах. В настоящее время наиболее точные и детальные сведения о распределении физических свойств горных пород на больших глубинах получены методами взрывной сейсмологии. В Советском Союзе широко используется метод глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ), предложенный в 1949 г. академиком Г. А. Гамбургцевым.



Зал заседаний. Выступает С. М. Зверев (Институт физики Земли, СССР)

Работа не прекращалась и в перерывах между заседаниями. Слева направо: доктор Д. Хилли (США), член-корреспондент АН УССР В. Б. Соллогуб и кандидат технических наук И. С. Вольвовский обсуждают только что закончившийся доклад



Что же явилось причиной созыва совещания?

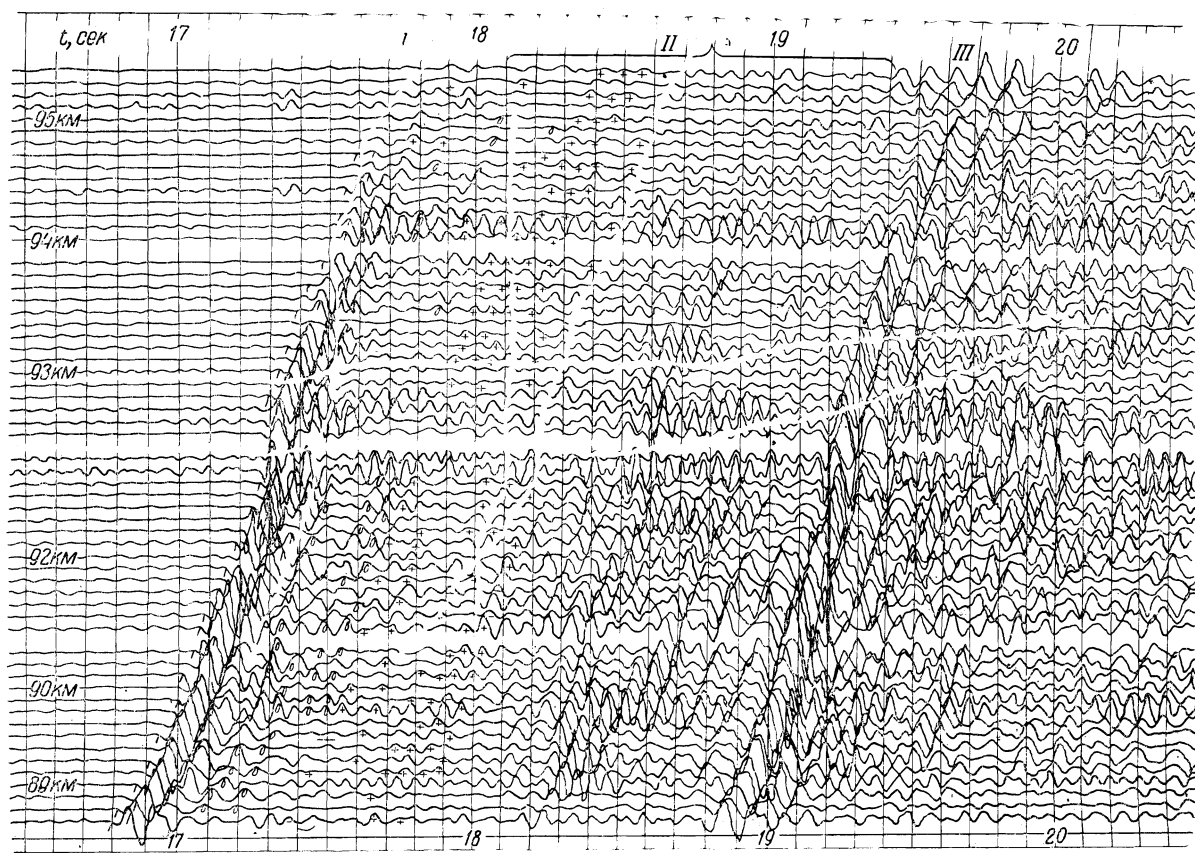
При сопоставлении и анализе результатов, полученных различными исследователями, довольно часто возникают значительные трудности, связанные с использованием различной сейсморегистрирующей аппаратуры, неодинаковым подходом к интерпретации экспериментальных материалов, различной терминологией и т. д. Международный комитет по Проекту верхней мантии, занимающийся вопросами международной координации работ по изучению земной коры и верхней мантии, созвал совещание, на котором были рассмотрены следующие основные вопросы:

1. Регистрирующая аппаратура и методика полевых наблюдений;
2. Корреляция сейсмических волн и методы интерпретации;
3. Теоретические вопросы взрывной сейсмологии;
4. Глубинные сейсмические исследования на морях и океанах;
5. Сбор и обобщение результатов глубинных сейсмических исследований.

Советский Союз на совещании представляли: член-корреспондент АН СССР Н. Н. Пузырев, член-корреспондент АН УССР В. Б. Соллогуб, доктора физико-математических наук А. С. Алексеев и И. П. Косминская (руководитель советской делегации), кандидаты физико-математических наук С. М. Зверев и Г. Г. Михота, кандидаты технических наук И. С. Вольвовский и В. З. Рябой, кандидаты геолого-минералогических наук И. В. Литвиненко и Н. И. Павленкова.

А. Хейлс (США), В. З. Рябой (СССР) и П. Брайен (Англия) рассказали об основных параметрах сейсмической аппаратуры, а также о сигналах, регистрируемых при глубинных сейсмических исследованиях. Колебания почвы, возбуждаемые взрывами, преобразуются при помощи специальных датчиков в колебания электрического тока. Эти колебания усиливают, отфильтровывают от различных помех и записывают на магнитную пленку или фотобумагу. Такой способ записи называется аналоговым. Вид сейсмической записи в этом случае соответствует характеру колебаний почвы. Запись на магнитную пленку наиболее удобна, так как позволяет многократно воспроизводить сейсмические колебания при различных параметрах регистрирующей аппаратуры и более тщательно их анализировать. В последние годы разрабатывается цифровая запись, т. е. запись сейсмических сигналов в виде цифр, характеризующих различные параметры этих сигналов: время пробега от пункта взрыва, частоту колебаний, амплитуду и др. Такой способ записи позволяет вводить данные в электронно-вычислительные цифровые машины для дальнейшей обработки и для записи сигналов с минимальными искажениями. В США, ФРГ и Англии регистрирующая аппаратура с цифровой записью начинает применяться при глубинных сейсмических исследованиях.

Сейсмическая аппаратура может регистрировать очень слабые колебания почвы, амплитуда которых соизмерима с величиной атомов и молекул. А чтобы запись колебаний можно было видеть невооруженным глазом, на сей-



СЕЙСМОГРАММА ЗАПИСИ ВЗРЫВА на фотобумагу аналоговым способом. t секунд — время пробега сейсмических волн от пункта взрыва, находящегося на расстоянии 89—95 км. I — преломленная волна от поверхности кристаллического фундамента, II — волны, соответствующие промежуточным границам в кристаллической толще земной коры, III — волна, отраженная от подошвы земной коры (граница Мохоровичича)

смограмме эти колебания увеличивают в 10^5 — 10^7 раз (примерно такое же увеличение осуществляется в современных электронных микроскопах). Частота сигналов, регистрируемых при глубинных сейсмических исследованиях, изменяется в пределах от 1—3 до 25—30 *гц*.

Геофизические наблюдения производятся непрерывно (расстояние между соседними сейсмоприемниками по профилю не превышает несколько сотен метров) и дискретно (расстояние между сейсмоприемниками изменяется от нескольких километров до нескольких десятков километров). В труднодоступных районах Сибири успешно применяется метод точечного зондирования, разработанный советскими специалистами под руководством Н. Н. Пузырева. Он рассказал на совещании о широком использовании в

СССР комбинирования непрерывных и дискретных наблюдений. Зарубежные геофизики проводят исследования в основном с применением дискретных систем наблюдений (сообщения Д. Хилли, Р. Мейера — США, К. Майснера — ФРГ и других). В. Б. Соллогуб и И. В. Литвиненко продемонстрировали очень интересные результаты применения непрерывного профилирования ГСЗ при изучении зон глубинных разломов на Украине и при детальном исследовании верхней части кристаллической толщи земной коры на Кольском полуострове.

Большое внимание ученые уделили вопросам корреляции сейсмических волн и методам их интерпретации. В своих докладах П. Гизе (ФРГ), И. П. Косминская, Н. И. Павленкова (СССР), А. Хейлс (США) и другие показали, что в настоящее время корреляция глубинных

волн не всегда может быть выполнена однозначно.

При взрыве в земной коре образуются различные волны, которые отличаются друг от друга временем пробега, областью прослеживания, частотным составом, изменением амплитуды с удалением от пункта взрыва и т. д. Для физически обоснованной интерпретации зарегистрированных волн очень важно определить механизм их образования и скоростную модель строения среды. Теоретические исследования в области взрывной сейсмологии в основном сводятся к разработке способов расчета характеристик сейсмических волн для различных моделей среды, а также к определению методов изучения по сейсмическим записям скоростей распространения волн, мощностей отдельных слоев, глубины залегания границ раздела и других параметров среды.

А. С. Алексеев (СССР), Г. Моррис (США), С. Мюллер (ФРГ) и другие ученые рассказали об уровне развития теоретических исследований в различных странах. Намечается общая тенденция разработки методов, позволяющих использовать при интерпретации наряду с кинематическими (время регистрации) и динамические (амплитуда, частота) характеристики волн. Динамические характеристики волн позволяют повысить точность и детальность интерпретации наблюдений. Советские ученые Г. И. Петрашень, А. С. Алексеев, Б. Я. Гельчинский и другие разработали динамическую теорию распространения сейсмических волн, которая широко применяется и за рубежом.

Морские сейсмические исследования, в том числе и глубинные, развиваются очень быстро. Об этом рассказали в своих докладах С. М. Зверев (СССР), Г. Моррис, Г. Саттон, Р. Мейер (США) и С. Мураучи (Япония). В Советском Союзе выполнены исследования ГСЗ в Черном и Каспийском морях, а также вдоль побережий Тихого океана. Американские геофизики провели глубинные сейсмические исследования по всей акватории Тихого океана. Интересные результаты получили японские исследователи в морях, омывающих Японские острова.

В качестве источников возбуждения сейсмических колебаний в основном используются глубинные бомбы (заряд взрывчатых веществ 100—150 кг). Однако использование взрывов в качестве источника колебаний обходится довольно дорого и приносит ущерб

обитателям моря, поэтому в различных странах ведутся разработки невзрывных источников. Г. Саттон (США) продемонстрировал результаты применения электроискрового источника, позволяющего уже сейчас проводить исследования на глубинах до 3 км и получать записи сейсмических волн на расстоянии до 20 км. Специалисты считают, что с такими источниками можно будет изучать строение всей толщи земной коры до границы Мохоровичича.

Из новых результатов, полученных за последнее время, значительный интерес представляет установление анизотропии горных пород, слагающих верхнюю часть мантии в пределах акватории Тихого океана. Американские геофизики Г. Моррис и Р. Мейер установили, что в этом районе скорость распространения продольных волн по подошве земной коры может изменяться для одного и того же участка в довольно широких пределах, от 7,9 до 8,5 км/сек, в зависимости от направления распространения волн. Это свойство, называемое анизотропией, не получило еще достаточно убедительного физического объяснения. Участники совещания решили провести и в других районах специальные исследования по изучению анизотропии скоростей распространения глубинных волн.

Глубинные сейсмические исследования в океанах показали, что там земная кора примерно в 3—4 раза тоньше, чем на континентах, и имеет более простое строение: меньше слоев и более однородны скорости распространения сейсмических волн. Ученым еще предстоит разгадать особенность строения океанической коры.

Много времени и внимания участники совещания уделили вопросам сбора сейсмической информации. Очень важно, чтобы материалами наблюдений могли пользоваться ученые всего мира. А для этого необходим международный центр сбора информации. На совещании предложено создать пять таких центров, а также разработать в ближайшее время методические рекомендации.

В 1969—1970 гг. Международный комитет по Проекту верхней мантии вновь пригласит экспертов по взрывной сейсмологии и представителей других геофизических специальностей собраться вместе и обсудить проблемы обработки и интерпретации данных взрывной сейсмологии.

В. З. РЯБОЙ
кандидат технических наук



ВСЕСОЮЗНЫЙ ГЛЯЦИО- ЛОГИЧЕСКИЙ СИМПОЗИУМ

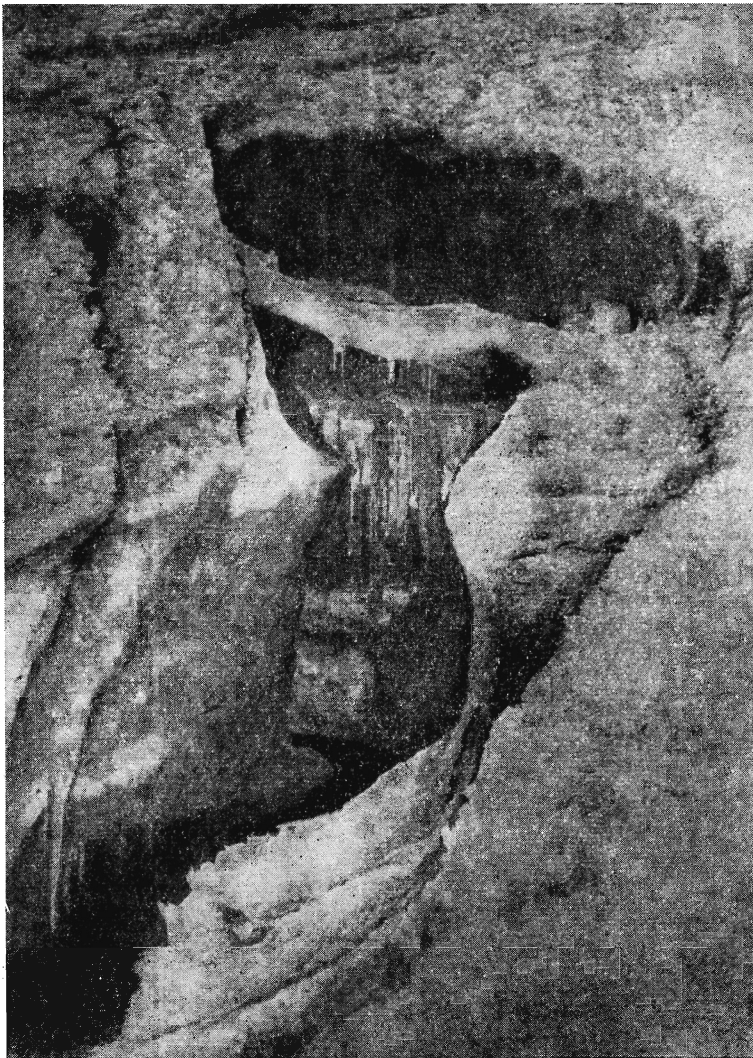
В прошлом году с 22 сентября по 5 октября у подножия Эльбруса, покрытого сверкающей белой шапкой, в новом районе высоко-

горного спорта — Терсколе проходил IV Всесоюзный гляциологический симпозиум, организованный Межведомственным геофизическим комитетом при Президиуме АН СССР и Высокогорным геофизическим институтом Гидрометеослужбы СССР. На симпозиуме встретились 150 гляцио-

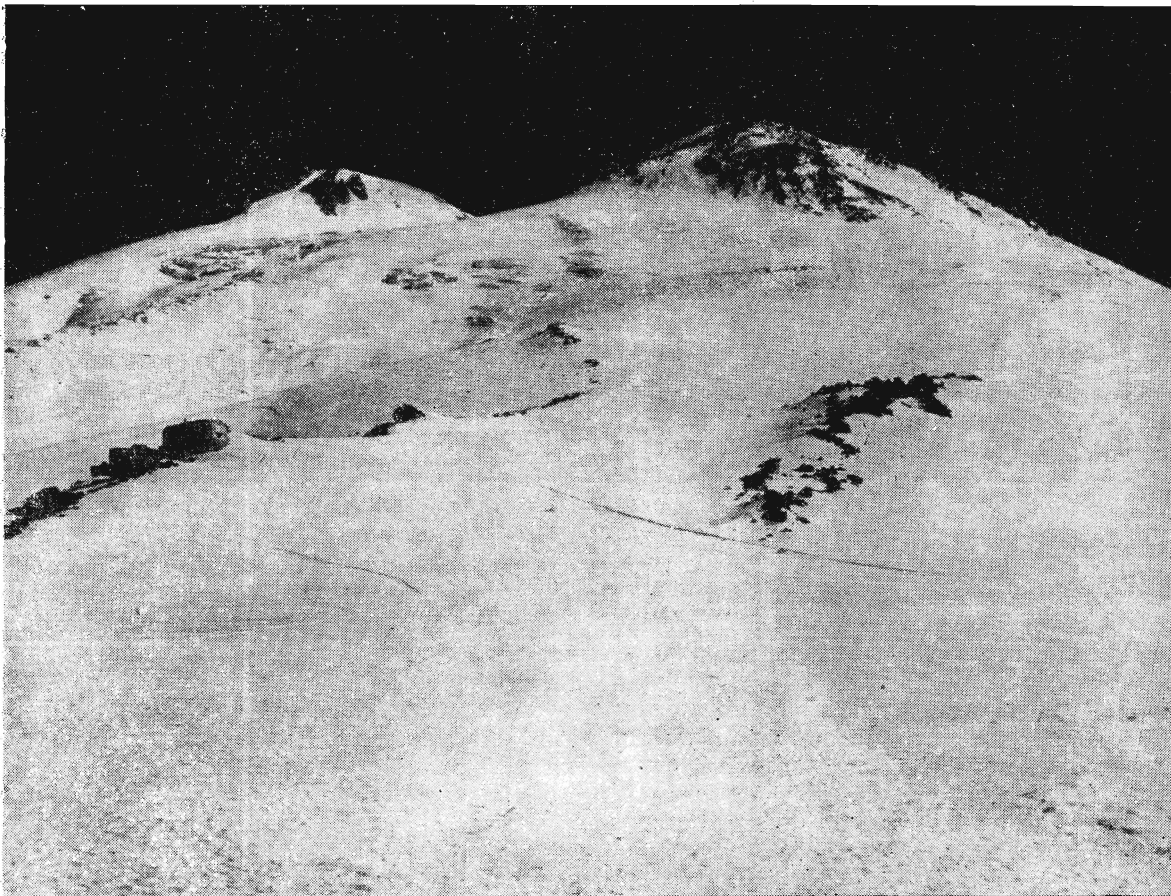
логов, работающих в различных научных институтах, учебных заведениях, производственных организациях. Было заслушано более 120 докладов.

Доля водного стока с ледников в общем годовом стоке горных рек невелика (около 10%), но этот сток приходится на важный период вегетации сельскохозяйственных культур (июль—август). Формированию водного стока с ледников, его режиму и расчету посвящали доклады многие гляциогидрологи. В непосредственной связи с этими докладами были сделаны сообщения по гляциоклиматологии, так как климатические условия высокогорной гляциальной зоны определяют жизнь ледников: массообмен на поверхности и внутри ледника, его движение, фазы отступления и наступания. Особенно интересным было сообщение А. Н. Кренке. Он показал, что на одной и той же высоте (3500 м) в горах советской Средней Азии наблюдаются существенные различия в температуре по широте, достигающие в летний период, т. е. в сезон абляции ледников, 10°C , что существенно влияет на режим ледников и их водоотдачу.

Привлекли внимание работы Проблемной лаборатории снежных лавин МГУ в области теории движения и удара лавины о препятствие. Работы проводились под руководством профессора Г. К. Тушинского. Интересны результаты непосредственных экспериментальных наблюдений за ударом лавины о препятствие, разработки лавинометров — установок для измерения различных характеристик движущегося лавинного тела. Такие работы ведут совместно Горный комбинат «Апатиты» и лаборатории по изучению лавин под руководством



*Здесь в трещине ледника, за-
рождаются ледниковые реки*



Двуглавый Эльбрус — высочайшая вершина Европы. Слева — Приют одиннадцати

В. Н. Аккуратова, А. К. Дюнина и Г. К. Тушинского. Обсуждались исследования снежного покрова, наледей, водного баланса горных стран, вопросы палеогляциологии. На заключительных заседаниях были заслушаны отчеты о гляциологических исследованиях за последние 3—4 года, а также о гляциологических работах на репрезентативных ледниковых бассейнах по программе Международного гидрологического десятилетия.

Участники симпозиума побывали у истоков Черка-Безенгийского, где любовались крупнейшим (длиной более 13 км) на Кавказе долинным ледником Безенги. Ледник в тыловой части замыка-

ется удивительной по красоте двухтысячеступной Безенгийской стеной — гребнем Главного Кавказского хребта. Экскурсанты проделали несложный путь сначала по боковой морене, а затем по самому леднику, чтобы увидеть великолепную белоснежную стену с остроконечными пиками — пятитысячниками, ослепительными в солнечных лучах.

Верховья долин Баксана, Чегема, Черка-Безенгийского заселяют балкарцы. Быт балкарцев теперь иной — всюду новые красивые дома, электрическое освещение, подрастают молодые сады. Руководитель нашей экскурсии Михаил Чоккаевич Залиханов — представитель молодого поколе-

ния балкарцев — кандидат географических и биологических наук. Его дед Чокка Залиханов сотни раз «ходил» на Эльбрус. Михаилу Чоккаевичу Кавказ уже тесен: он поднимался на горы Памира, а участвуя в Конгрессе по горной метеорологии в Гренобле, посетил знаменитое Море льда (Мер-де-Гляс во Французских Альпах).

На симпозиуме приняты решения о дальнейшем развитии гляциологии, особенно в области инженерного или прикладного направления. Следующий, V гляциологический симпозиум намечено провести в 1974 г. в Ташкенте.

К. С. ЛОСЕВ
кандидат географических наук



ЛЮБИТЕЛЯМ АСТРОНОМИИ — О ТЕЛЕСКОПАХ. V*

Н. Н. МИХЕЛЬСОН

кандидат физико-математических наук

ЗЕРКАЛЬНО-ЛИНЗОВЫЕ СИСТЕМЫ

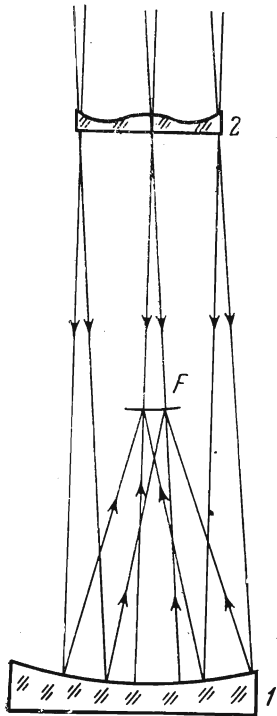
В 1930 г. Бернард Шмидт изобрел и построил совершенно новый телескоп, практически свободный от аберраций и обеспечивающий поле зрения поперечником до нескольких градусов при большом относительном отверстии. Шмидт руководствовался приблизительно следующими соображениями: если в центре кривизны сферического зеркала поставить диафрагму, то эта система будет лишена оптической оси, так как все прямые, проходящие через центр сферы, ничем не отличаются друг от друга. Поэтому все наклонные пучки будут совершенно равноправны и, следовательно, внеосевые аберрации (кома, астигматизм и дисторсия) будут отсутствовать. Останется лишь присущая сферическому зеркалу сферическая аберрация. В центре кривизны зеркала Шмидт поставил специальную стеклянную пластинку; одна из ее поверхностей плоская, а другая деформирована так, чтобы слегка собрать центральные и слегка рассеять краевые лучи, скомпенсировав таким образом сферическую аберрацию главного зеркала. Система Шмидта обладает кривизной поля и изображения получаются на выпуклой сферической поверхности. Поэтому приходится применять или фотопленки, или осторожно изгибать стеклянные фотопластинки в специальной кассете. Кривизну поля в телескопе системы Шмидта часто исправляют с помощью плоско-выпуклой линзы, которую устанавливают непосредственно перед фокусом. Такая линза называется линзой Пиац-

ци — Смита. Итак, в телескопе системы Шмидта исправлены сферическая аберрация, кома и астигматизм. Хроматизм, вносимый коррекционной пластиной, ничтожно мал. Благодаря указанным свойствам система Шмидта получила широкое распространение на астрономических обсерваториях мира. Так как телескопы системы Шмидта применяются главным образом для прямого фотографирования больших участков неба, то их принято называть камерами Шмидта.

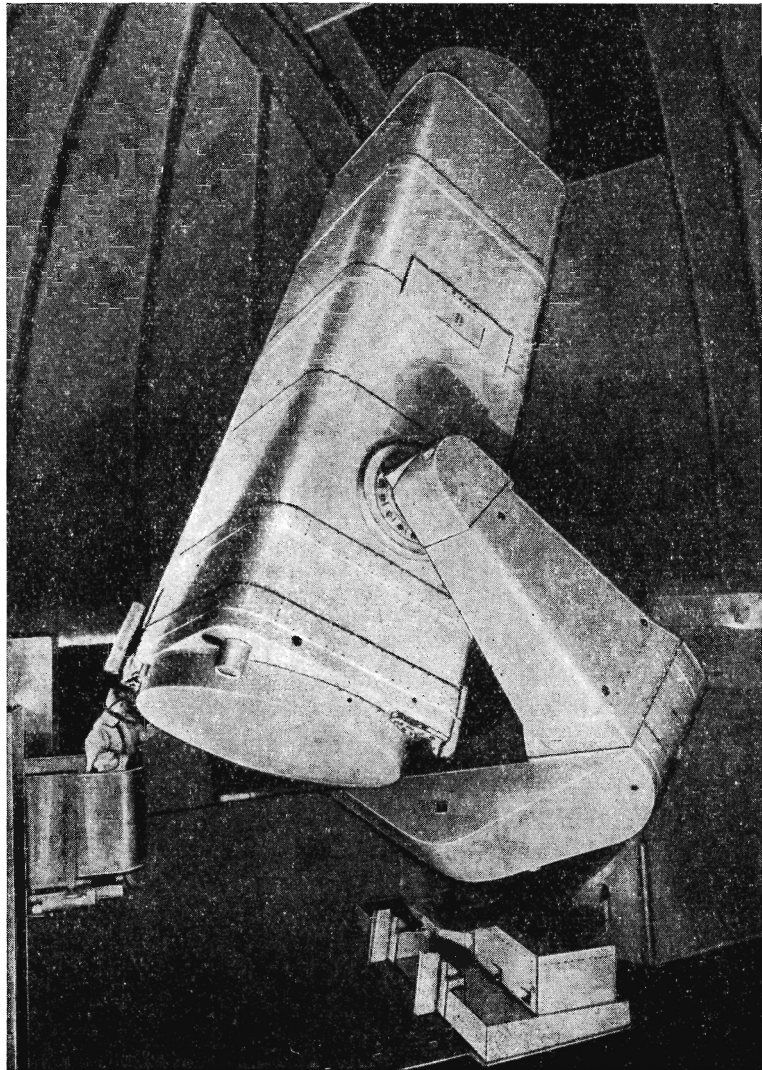
Крупнейшая в мире камера Шмидта установлена в 1960 г. в Таугенбурге (ГДР). Диаметр ее коррекционной пластины 1,34 м, диаметр зеркала 2,0 м, относительное отверстие 1:3 и поперечник поля 5°. Крупнейшая в СССР камера Шмидта установлена в 1958 г. в Бюраканской астрофизической обсерватории. Диаметр ее коррекционной пластины 1,0 м, зеркала 1,25 м, относительное отверстие 1:2,1 и поле 5°24'. К недостаткам камеры Шмидта следует отнести большую длину трубы телескопа (в 2 раза превышает фокусное расстояние телескопа), а также трудность изготовления коррекционной пластины.

В 1941 г. Д. Д. Максудов изобрел так называемую менисковую систему, состоящую из главного вогнутого сферического зеркала и помещенного перед ним мениска (вогнуто-выпуклой линзы). Мениск предназначен для исправления сферической аберрации главного зеркала. Он может быть рассчитан так, чтобы не вносить хроматизма. Телескопы системы Максудова имеют большое поле, большую светосилу при хорошем качестве изображений. Основными достоинствами менисковой системы по сравнению с системой Шмидта являются легкость и надежность точного изготовления, так как все оптические по-

* Продолжение. Начало см. «Земля и Вселенная», № 4, 5, 6, 1968 г. и № 1, 1969 г.



ОПТИЧЕСКАЯ СХЕМА И ХОД ЛУЧЕЙ В КАМЕРЕ ШМИДТА:
 1 — сферическое зеркало; 2 — коррекционная пластинка;
 F — криволинейная фокальная поверхность

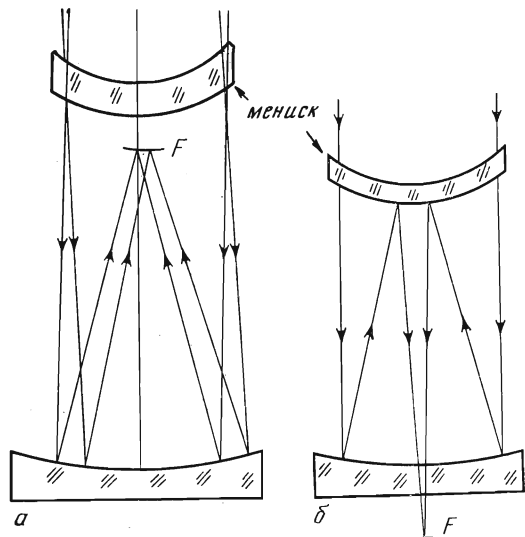


КРУПНЕЙШАЯ В МИРЕ КАМЕРА ШМИДТА (Тлугенбург, ГДР).
 Камера установлена на вилочной монтировке; наблюдатель стоит на подъемной площадке и в гид контролирует положение трубы

верхности ее сферические. Кроме того, длина менисковой камеры почти в 2 раза меньше равноценной камеры Шмидта. Менисковые системы можно сделать как с главным фокусом, так и типа Кассегрена. Крупнейшими в мире менисковыми камерами являются телескоп Абастуманской астрофизической обсерватории (диаметры мениска 0,7 м, зеркала 0,98 м, относительные отверстия 1:3 и 1:1,5, поле 4°50′) и недавно установленный в Чили

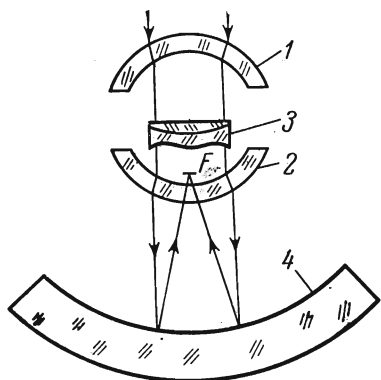
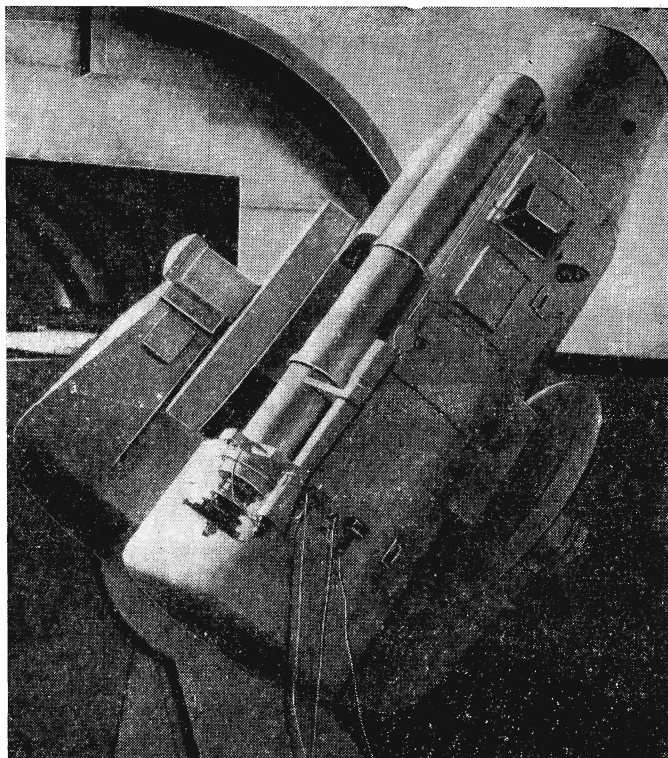
советский телескоп АЗТ-16 (диаметр двух менисков 0,7 м, зеркала 1,0 м, относительное отверстие 1:3 и поле 5°).

Комбинация менисков с коррекционной пластиной позволила создать камеру с относительным отверстием до 1:0,67 и полем до 50°. Такие камеры получили название с у п е р - Ш м и д т; они используются для фотографирования искусственных спутников Земли и метеоров.

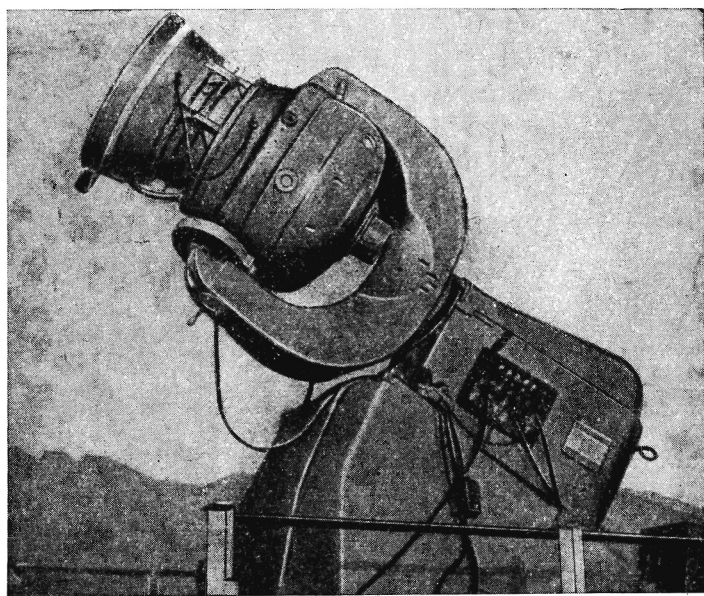


ОПТИЧЕСКАЯ СХЕМА и ход лучей в телескопах Максутова: *a* — система, в которой используется главный фокус; *b* — менисковый кассегрэн

КРУПНЕШИЙ В МИРЕ менисковый астрограф. Телескоп изготовлен в СССР и установлен в Чили. Монтровка телескопа вилочная



ОПТИЧЕСКАЯ СХЕМА и ход лучей в камере супер-шмидт, предназначенной для фотографирования метеоров: 1, 2 — мениски, 3 — коррекционная система с одной асферической поверхностью; 4 — главное зеркало. Размер главного зеркала значительно больше размера менисков и корректора (это необходимо для получения большого поля зрения без потерь света); *F* — положение фокальной поверхности



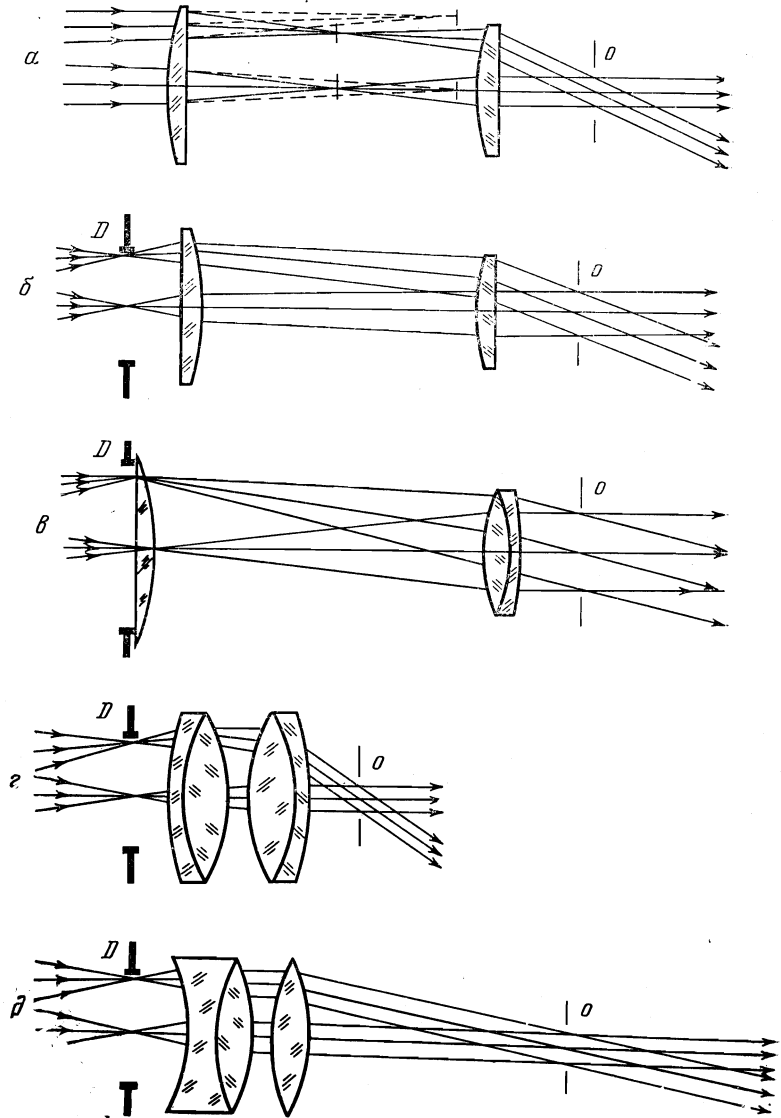
МЕТЕОРНАЯ КАМЕРА СУПЕР-ШМИДТ. Диаметр входного отверстия 310 мм, относительное отверстие 1:0,82, угловое поле поперечником 52°. На одной фотографии, получаемой с помощью этой камеры, видна $\frac{1}{10}$ часть видимой полусферы неба. С такой камерой регистрируют метеоры до 4-й звездной величины

ОКУЛЯРЫ

Неотъемлемой и важной частью визуального телескопа является окуляр. Это — лупа, через которую астроном рассматривает изображение небесного объекта, построенное объективом в фокальной плоскости. Одиночная положительная линза, используемая в качестве окуляра, не может обеспечить хорошее ка-

чество изображения, так как обладает и хроматизмом, и сферической aberrацией. Если же любителю приходится применять в дешевом и простом телескопе однолинзовый окуляр, то следует брать плоско-выпуклую линзу, устанавливая ее так, чтобы плоская поверхность была направлена к объективу.

Существует много типов двухлинзовых и многолинзовых окуляров, из которых простей-



ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ОКУЛЯРОВ и ход лучей в них: а — окуляр Гюйгенса; б — окуляр Рамсдена, в — окуляр Кельнера, г — симметричный окуляр, д — окуляр с вынесенным зрачком (D — диафрагма, ограничивающая поле зрения; о — выходной зрачок телескопа)

шими являются применяемые до сих пор окуляры Гюйгенса, Рамсдена, Кельнера и симметричный окуляр. Несколько сложнее окуляр с вынесенным зрачком. Однако этот окуляр наиболее удобен и дает хорошее качество изображения.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ АСТРОНОМИЧЕСКОЙ ОПТИКИ

Оптическое стекло для линз и зеркал варится в специальных печах на заводах оптического стекла. Исходным сырьем для оптического стекла служит чистый кварцевый песок. В зависимости от различных добавок получают тот или иной сорт стекол типа кроны или флинта для преломляющей оптики.

Зеркала изготавливают из специального стекла пирекса, обладающего малым коэффициентом линейного расширения. Благодаря этому зеркала из пирекса мало меняют свою форму при изменении температуры. Более качественные зеркала изготавливают из плавленого кварца, правда, большие диски из него научились делать лишь в последние годы. А совсем недавно появилось особое стекло — ситалл, отличающееся от обычного аморфного стекла мелкокристаллической структурой. Но самое замечательное свойство ситалла то, что коэффициент линейного расширения его равен нулю!

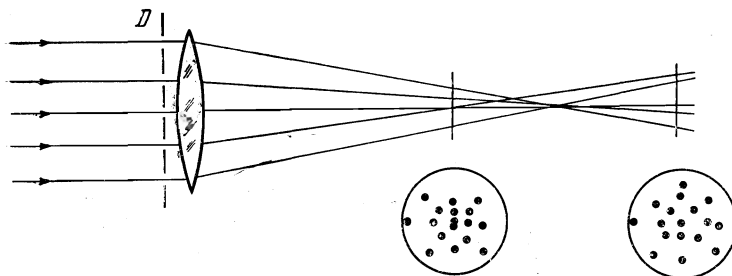
Отлитые блоки стекла проходят длительный отжиг, необходимый для снятия в них внутренних натяжений. После этого, собственно, и начинается изготовление оптики.

Заготовка линзы или зеркала первоначально грубо круглится и обдирается крупнозернистыми абразивами (карборундом) или даже твердыми резцами до приблизительно нужных размеров. После этого она проходит все стадии шлифовки все более и более

мелкими абразивами (наждаком), во время которой ей придаются размеры и форма окончательного изделия и, наконец, наступает стадия полировки, когда поверхности придается нужная форма. Полировка осуществляется мелкозернистыми окислами металлов.

При полировке форма поверхности непрерывно контролируется. Наиболее распространенны методы контроля с помощью пробного стекла и теневой метод Фуко, усовершенствованный Д. Д. Максудовым. Первый метод применим к сферическим поверхностям: на выпуклое изделие накладывается вогнутое эталонное стекло того же радиуса кривизны (на вогнутое изделие — выпуклое эталонное стекло) и наблюдается интерференционная картина, возникающая между ними при освещении монохроматическим светом. Неправильности чередующихся светлых и темных полос указывают на дефекты исследуемой поверхности. Этот метод применим лишь к небольшим изделиям, так как трудно изготовить пробное стекло больших размеров.

Теневой прибор, используемый в методе Фуко, состоит из светящейся точки и острооточенного лезвия, расположенного непосредственно около нее. Если, например, надо исследовать вогнутое сферическое зеркало, то теневой прибор устанавливают в центре его кривизны. Все лучи, вышедшие из светящейся точки, соберутся на «ножке». Если поместить глаз вблизи центра кривизны, то мы увидим все зеркало освещенным. При перемещении «ножа» поперек пучка лучей все зеркало одновременно «потухнет». Если зеркало имеет дефекты, то одни лучи будут перекрываться «ножом» раньше, другие позже, и мы увидим характерную «теневую картину», отражающую «рельеф» зеркала. Различные модификации теневого метода позволяют



МЕТОД ГАРТМАНА для исследования объектива. Каждый луч, прошедший через отверстия в ширме D, установленной перед объективом, оставит на фотопластинке, помещенной перед фокусом (или за ним), след в виде точки. По расположению точек можно судить о ходе лучей в телескопе

исследовать любые поверхности и целые сложные оптические системы*.

После окончания полировки на лицевую поверхность зеркала в вакууме наносят тонкую пленку алюминия, создающую собственное отражающее покрытие. Для уменьшения бликов и потерь света на преломляющей оптике (линзы, призмы) она «просветляется», т. е. покрывается специальными тонкими прозрачными пленками.

Когда отдельные оптические детали готовы, их вставляют в оправы и устанавливают в телескопе. Начинается юстировка телескопа, т. е. выверка взаимного положения отдельных оптических деталей. Качество изображений, даваемых телескопом, в значительной степени зависит от тщательности юстировки. Юстировка производится как с помощью вспомогательных приборов, так и по наблюдениям звезд.

Окончательное суждение о качестве телескопа делают обычно после его исследования по методу Гартмана. На объектив (или зеркало) надевают специальную ширму с большим числом небольших отверстий («диафрагма Гартмана»), телескоп наводят на звезду и делают два снимка: один в положении, когда фотопластинка находится перед фокусом, второй — когда она за фокусом. На каждой из фотопластинок останутся в виде точек следы лучей, прошедших через отверстия диафрагмы Гартмана. Измерив на точном измерительном приборе положения точек, можно определить действительный ход лучей в телескопе. Если качество телескопа удовлетворяет исследователей, инструмент может быть принят для наблюдений.

(Продолжение в следующем номере)

СТРАНИЧКИ НАБЛЮДАТЕЛЯ

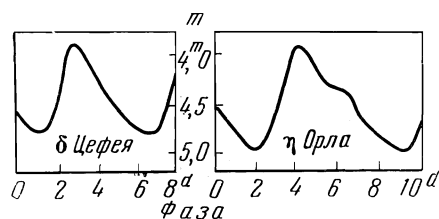
Цефеиды

В конце XVIII столетия молодые английские астрономы-любители Э. Пиготт и Дж. Гудрайк начали систематические обзоры звездного неба в поисках переменных звезд. В 1783 г. Э. Пиготт заметил переменность блеска η Орла, а через год Дж. Гудрайк обнаружил изменчивость блеска δ Цефея.

Как показали дальнейшие наблюдения, обе звезды принадлежат к классу пульсирующих переменных. Если следовать хронологии, то звезды этого типа стоило бы назвать орлидами, но их по имени δ Цефея называют цефеидами. (Так часто случается. Ведь даже открытая Колумбом Америка не называется Колумбией!) Обе эти звезды имеют сравнительно небольшие амплитуды изменения блеска и довольно продолжительные периоды. Период δ Цефея равен 5,366 суток, а η Орла — 7,177 суток.

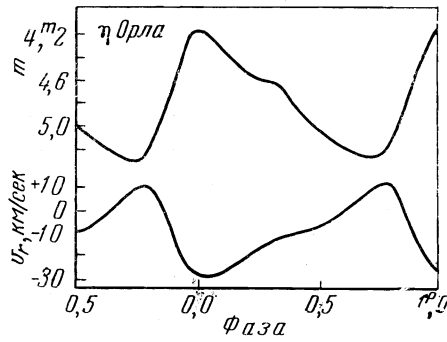
* Подробнее о теновом испытании зеркала см. «Земля и Вселенная», № 2, 1966 г., стр. 70.

С тех пор количество известных и изученных цефеид значительно увеличилось, и теперь мы знаем, что очень многие звезды-гиганты в своей эволюции проходят стадию цефеиды.



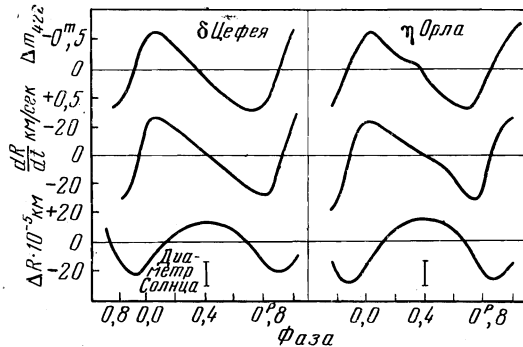
КРИВЫЕ БЛЕСКА δ Цефея и η Орла

У цефеид, как было впервые установлено академиком А. А. Белополюским, исследовавшим в 90-е годы XIX столетия η Орла, изменяются также и лучевые скорости. Периодические изменения лучевых скоростей были



КРИВЫЕ БЛЕСКА (вверху) и **ЛУЧЕВЫХ СКОРОСТЕЙ** (внизу) η Орла. Периоды изменения блеска и лучевых скоростей у цефеид совпадают

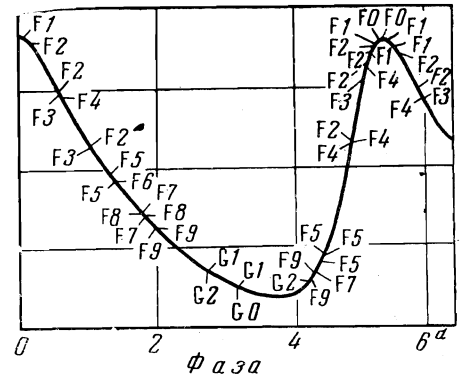
тогда же истолкованы русским физиком Н. А. Умовым как результат периодических вздутий и опадений поверхности звезды, вызванных пульсационными движениями ее оболочки. В максимуме блеска поверхность звезды быстрее всего приближается к наблюдателю, а в минимуме блеска — удаляется от него. Таким образом, лучевая скорость, освобожденная от скорости движения самой звезды, — это скорость изменения ее радиуса. Зная, как изменяется эта скорость, можно вычислить, как изменяется радиус. Оказалось, что радиус звезды наименьший в тот момент, когда блеск растет скорее всего, и наибольший — когда блеск падает. Поэтому изменения блеска вызваны не только изменением размеров светящейся поверхности звезды, но и другим, не менее важным фактором.



КРИВЫЕ БЛЕСКА (вверху), **СКОРОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ РАДИУСА** (в центре) и **ВЕЛИЧИНЫ РАДИУСА** (внизу) δ Цефея и η Орла

Таким фактором является температура поверхностных слоев звезды. Синхронно с объемом и размером светящейся поверхности изменяется и температура внешних слоев звезды — ее фотосферы и прилегающей к ней оболочки. Эти изменения сказываются на виде спектра и на цвете звезды.

Цефеиды — звезды-гиганты спектральных классов F — G. При изменении блеска изменяется и спектральный класс. Он становится более ранним в момент максимума, что свидетельствует о разогревании оболочки звезды, происходящем в это время. Колебания температуры отражаются и на цвете звезды. Показатель цвета звезды изменяется синхронно с блеском. В максимуме блеска показатель цвета меньше — звезда «голубее». В «фотографических», синих лучах амплитуда изменения блеска больше, чем в «визуальных», желто-зеленых.



ИЗМЕНЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО КЛАССА звезды δ Цефея, сопровождающее изменения ее блеска. В максимуме блеска спектральный класс звезды более ранний (F), в минимуме — более поздний (G)

В последнее время, когда стали определять, по крайней мере, два показателя цвета: «ультрафиолетовый — синий» (U — B) и «синий — желтый» (B — V), выяснились несколько неожиданные особенности изменения цвета цефеид. При возрастании блеска ультрафиолетовое излучение цефеид становится более интенсивным, чем при его ослаблении. Именно в эти моменты в спектрах некоторых цефеид появляются яркие эмиссион-

ные линии кальция и водорода. Эти линии возникают благодаря тому, что скорость увеличения радиуса несколько превосходит скорость распространения звука (скорость упругих колебаний среды) и образуется слабая ударная волна, несколько перегревающая атмосферу звезды.

Таким образом, колебания блеска, цвета и изменения вида спектра могут быть объяснены пульсационными движениями звездной оболочки. Почему они возникают?

Этот вопрос интересует астрономов очень давно. В первой четверти нашего столетия английский астрофизик А. Эддингтон создал математическую теорию пульсации «газовых шаров». В звезде действуют две основные силы. С одной стороны, притяжение звезды к ее центру — сила, сжимающая звезду и препятствующая разлету газа в мировое пространство, и с другой стороны, — сила давления газа и излучения, препятствующая сжатию звезды «в точку». Если между этими силами нарушается равновесие, то возникают упругие колебания. Из пульсационной теории вытекает одно очень важное «универсальное» соотношение: произведение квадрата величины периода на среднюю плотность звезды должно быть равно постоянной величине, зависящей от внутренней структуры звезды. Это соотношение подтверждается наблюдениями, так как из него можно легко вывести зависимость между периодом, светимостью и средней температурой звезды. Такая зависимость была открыта из наблюдений многих цефеид. Оказалось, чем продолжительнее период, тем больше светимость цефеиды.

Однако в «классической» теории пульсаций выявились серьезные противоречия с наблюдениями. Одно из главнейших противоречий состоит в том, что свободные пульсации цефеиды должны быстро затухать. Период должен быстро увеличиваться, а амплитуда колебаний блеска — уменьшаться. Но этого не наблюдается.

Причина колебаний блеска цефеид была найдена С. А. Жевакиным. Он обратил внимание на то, что во внешних слоях звезды, где температура уже не столь высока, как в глубоких недрах, слой вещества, богатый гелием, может возбуждать автоколебания звезды.

Гелий способен поглощать идущую из недр звезды энергию и накапливать ее. При этом гелий ионизируется. Слой гелия становится более прозрачным и накопленная энергия вы-

ходит из недр звезды. Потеря энергии вызывает остывание, и гелий, восстанавливая свое прежнее состояние, вновь начинает накапливать энергию. Этот автоколебательный процесс может продолжаться очень длительное время. Таким образом, пульсации возникают не в недрах звезды, как полагал Эддингтон, а в ее наружных, более близких к поверхности слоях. Центральные области звезды в пульсации не участвуют*.

Идеи С. А. Жевакина были развиты в работах американского астрофизика Р. Кристи, который провел огромные ряды вычислений на быстродействующих электронных машинах и подтвердил выводы советского ученого. Теперь причина колебаний блеска цефеид ясна. Гораздо яснее стал и сам механизм этих колебаний.

Работы С. А. Жевакина и Р. Кристи поставили перед наблюдателями переменных звезд новые задачи. Одна из них состоит в следующем. При эволюции звезды должна изменяться плотность ее вещества. Основное соотношение между периодом и средней плотностью звезды остается в силе и для новой теории пульсаций. Поэтому изменения плотности должны вызывать медленные изменения их периодов. Отсюда вывод: надо внимательнее следить за цефеидами и изучать изменения периодов, а для этого необходимы систематические наблюдения их. Со временем период звезды может измениться столь сильно, что это можно будет заметить и исследовать даже путем самых несложных визуальных наблюдений. Вот почему исследовательские работы астрономов-любителей в области изучения цефеид сохраняют свое значение и теперь.

Визуальные наблюдения цефеид могут выполняться тем же простейшим способом Э. Пиккеринга, с которым читатели «Земли и Вселенной» познакомились в № 1 журнала за 1969 г. Однако обработка этих наблюдений несколько сложнее.

По наблюдениям надо построить среднюю кривую блеска. Звездные величины переменной звезды вычисляются так же, как описано в способе Пиккеринга. Надо подвергнуть более сложной обработке моменты наблюдений. От моментов, выраженных в календарных датах, часах и минутах, нужно перейти

* Подробнее о работах Э. Эддингтона и С. А. Жевакина см. «Земля и Вселенная», № 1, 1966 г., стр. 10.

к «сплошному» счету суток и их десятичных долей.

При наблюдениях цефеиды мы должны отметить момент времени с точностью до 5 минут, и затем перевести его во «всемирное», т. е. Гринвичское, время. Далее, из этого момента надо вычесть 12 часов, чтобы время выразилось в так называемом «старом» счете времени (до 1925 г. астрономы считали началом суток не полночь, как теперь, а полдень). Полученный промежуток времени следует превратить в десятичные доли суток. Быстро выполнить эту операцию помогут простые таблицы, в которых по часам и минутам отыскивают доли суток. Эти таблицы можно найти в «Справочнике любителя астрономии» П. Г. Куликовского (Физматгиз, М., 1961) или в книге В. П. Цесевича «Что и как наблюдать на небе» (Физматгиз, М., 1963).

Затем надо преобразовать дату наблюдения таким образом, чтобы шел единообразный счет протекших суток. Для этой цели астрономы используют так называемые юлианские дни. В таблице даны «нулевые» юлианские дни каждого месяца 1969—1970 гг. Чтобы получить юлианский день наблюдения, надо прибавить дату к соответствующему нулевому юлианскому дню данного месяца. Допустим, что наблюдение выполнено 1969 марта 22 1 час 36 минут московского гражданского времени, или 1969 марта 21 22 часа 36 минут всемирного времени. Теперь вычтем 12

часов для перехода к «старому» счету времени — 1969 марта 21 10 часов 36 минут. Юлианский день «нулевого» марта 1969 г. равен 2 440 281; прибавляем 21 и доли суток (10 часов 36 минут = 0,441 667 \approx 0,442 суток) и получаем заданный момент в «юлианских днях» JD 2 440 302,442. На этом заканчивается обработка момента наблюдений.

В том же (юлианском) счете суток выражены и элементы переменной звезды. Так, для δ Цефея элементы равны:

$$\text{Max. JD} = 2\,427\,628,86 + 5,366\,341 \cdot E \quad (1)$$

Поясним эту формулу: 2 427 628,86 — момент начального максимума; 5,366 341 — величина периода; число E — номер максимума. Давая E , последовательность целых чисел, мы можем вычислить «расписание моментов максимума» — эфемериду. Это необходимо для обработки наблюдений, чтобы определить «возраст» наблюдения, или, как часто говорят, «фазу». Для этого вычисляют эфемериду, и из нее находят ближайший к моменту наблюдений предыдущий момент максимума. Разность наблюденного момента и момента ближайшего предстоящего максимума равна возрасту. Пусть момент наблюдения равен 2 440 302,442. По формуле (1) вычисляем эфемериду (конечно, не всю, а ту ее часть, которая нужна для момента наблюдения). При $E = 2361$ эфемеридный момент максимума равен 2 440 298,791. Следующий момент мак-

НУЛЕВЫЕ ЮЛИАНСКИЕ ДНИ ДЛЯ МЕСЯЦЕВ 1969—1970 гг.

Год	Месяцы					
	январь	февраль	март	апрель	май	июнь
1969	2 440 222	2 440 253	2 440 281	2 440 312	2 440 342	2 440 373
1970	2 440 587	2 440 618	2 440 646	2 440 677	2 440 707	2 440 738

Год	Месяцы					
	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
1969	2 440 403	2 440 434	2 440 465	2 440 495	2 440 526	2 440 556
1970	2 440 768	2 440 799	2 440 830	2 440 860	2 440 891	2 440 921

симума, соответствующий $E = 2362$, равен 2 440 304,157. Для вычисления возраста под-
ходит момент $E = 2361$. Возраст наблюдения
составляет:

$$\varphi = 2\,440\,302,442 - 2\,440\,298,791 = 3,651.$$

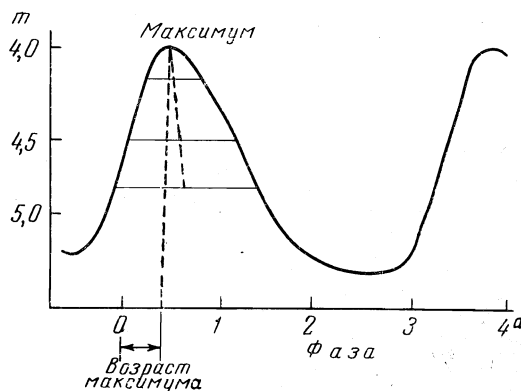
Очевидно, возраст заключен в пределах от
нуля до величины периода. Часто возраст вы-
ражают в долях периода. В нашем случае
 $\varphi = 3,651/5,366 = 0,680$.

Произведя значительное количество наб-
людений (100—300), можно построить еди-
ную кривую блеска из всех наблюдений, «соб-
ранных» к одному периоду. Для этого на го-
ризоньальной оси откладываются возрасты
наблюдений, а на вертикальной — звездные
величины. Нанеся все эти точки, мы получим
представление о точности наших наблюдений.
Рассеяние точек (в том случае, если форма
кривой блеска не изменялась) характеризует
точность определений блеска.

Следующий этап обработки состоит в том,
что все наблюдения располагают в соответ-
ствии с их возрастом, т. е. «расписывают» их
в порядке увеличения. Если наблюдений мно-
го, то их можно сгруппировать (по 5 или по
10) и вычислить средние возрасты и средние
звездные величины. Мы получим табличное
выражение средней кривой блеска, которую
можно построить и графически. При этом ре-
комендуется «захватить» соседние части кри-
вой, т. е. строить ее от возраста $\varphi = 0,7$ до
максимума и продолжить до возраста $\varphi = 0,3$
после максимума, изобразив таким образом
более чем полный цикл. Картина станет на-
гляднее.

Остается определить лишь момент макси-
мума. Существует несколько способов, но мы
опишем простейший — способ хорд Погсона.
Кривую блеска пересекают хордами, соеди-
няющими те точки кривой, которые имеют
одинаковый блеск. Хорды делят пополам и
точки сечения соединяют «биссектрисой» (не
всегда прямолинейно). Там, где продолжение
биссектрисы встречает кривую блеска, распо-
ложен максимум. Определяют его возраст,
который затем придают к эфемеридному мо-
менту, близкому к моменту середины ряда
наблюдений. Так получают «поправку» эфе-
мериды — возраст максимума и момент сред-
него максимума.

Из кривой блеска можно получить еще од-
ну характеристику, разделив продолжитель-



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗРАСТА МАКСИМУМА БЛЕСКА по способу хорд

ность восходящей ветви кривой на величину
периода $\frac{\text{Max} - \text{Min}}{P} = \epsilon$.

Ее называют асимметрией кривой блеска.

После определения всех возможных момен-
тов максимума блеска (как собственных, так
и выбранных из литературных источни-
ков) можно исследовать вопрос о постоянст-
ве или переменности периода.

При наблюдениях δ Цфея можно восполь-
зоваться следующими звездами сравнения:

ζ Цфея	= 3 ^m 36
ν Цфея	= 4, 29
λ Цфея	= 5, 04
α Иперцы	= 3, 77
ξ Цфея	= 4, 29
ϵ Цфея	= 4, 20
θ Цфея	= 4, 75

В заключение приведем формулу периода
 η Орла:

$$\text{Max. JD} = 2\,432\,926,749 + 7,176\,641 \cdot E,$$

$$\text{Амплитуда } 4^{\text{m}08} - 5^{\text{m}25}$$

и звезды сравнения с их визуальными звезд-
ными величинами:

β Орла	= 3 ^m 90
δ Орла	= 3, 44
ϕ Орла	= 3, 37
i Орла	= 4, 28
μ Орла	= 4, 65
ν Орла	= 4, 86

В. П. ЦЕСЕВИЧ
профессор

Метеорные потоки в июле—августе



ДВА ЯРКИХ МЕТЕОРА со вспышками из потока Персеид

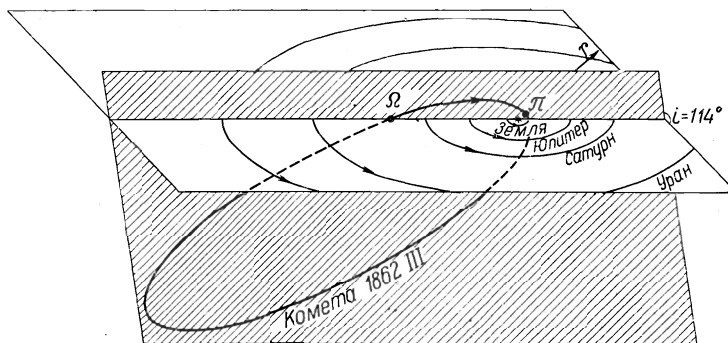
Середина и конец лета необычайно богаты метеорами. Десятки потоков сменяют друг друга, некоторые из них очень активны.

Более 1000 лет известны летние звездопады. Они случаются примерно 11—12 августа. Белые, яркие, часто вспыхивающие метеоры мелькают на усыпанном звездами небе. Это Персеиды — метеоры одного из самых активных в северном полушарии потоков. Его радиант расположен в созвездии Персея. Поток Персеид удивительно постоянен: он не дает обильных звездных дождей, как апрельские Лириды, но не бывает и слишком скудным. В ночь максимума часовые числа метеоров около 50—60, а иногда в 2—3 раза больше. Яркие метеоры нередко оставляют следы.

Персеиды связаны с кометой 1862 III. В год открытия комета была видна невооруженным глазом, ее блеск достигал 2-й звездной величины. Она имела ядро, состоящее из двух частей, и хвост длиной до 30°. В течение нескольких дней был виден очень короткий аномальный хвост (длиной около 30'), направленный к Солнцу. Более 100 лет затрачивает комета на один оборот вокруг Солнца. В 20-х годах нашего века комета находилась в районе афелия и только в 80-х годах она вернется к Солнцу. Большая, сильно вытянутая орбита кометы и роя ($a=24$ а. е., $e=0,96$) почти целиком расположена под эклиптической. Движение кометы и метеорных тел обратное ($i=114^\circ$).

Рой Персеид очень старый. Планетные возмущения расшатали рой, сделав его толстым и почти однородным. Толщина роя вблизи перигелия (в месте встречи с Землей) около 50 млн. км, а вблизи афелия во много раз больше. Из-за большой толщины роя продолжительность действия потока велика: Земля погружается в рой около 25 июля, а выходит из него лишь 18 августа. Правда, пространственная плотность метеорных тел в периферических частях роя очень мала, поэтому в начале и в конце периода активности потока можно наблюдать всего 1—2

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ОРБИТ: кометы 1862 III, Земли, Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна

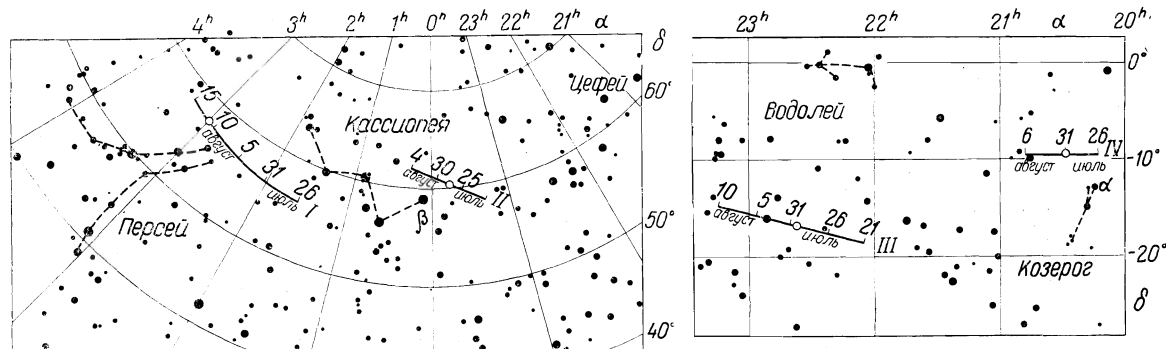


метеора в час. Но в центральной части роя находится более плотное сгущение метеорных тел, толщина которого около 5 млн км. Эта более молодая часть роя меньше распатана планетными возмущениями. Примерно через каждые 12 лет активность потока заметно усиливается, что, по-видимому, связано с возмущениями центральной части роя Юпитером.

Хотя Персеиды являются одним из самых активных потоков, пространственная плотность метеорных тел даже в центральной части роя невысока. Она почти в 20 раз меньше, чем у Понс-Виннекид, действовавших в июне. Но тела Персеид летят навстречу Земле, под углом 40° к апексу, поэтому гео-

центрическая скорость тел велика (59,3 км/сек). Влетая в земную атмосферу с такой скоростью, даже очень малые тела с массой в тысячные доли грамма порождают метеоры, видимые невооруженным глазом. Если бы Персеиды догоняли Землю, то на богатом фоне летних потоков они вовсе не были бы заметны.

Незадолго до Персеид, 20 июля, в созвездии Кассиопеи начинает действовать поток β -Кассиопеид. Его белые, очень плохо очерченные, «мохнатые» метеоры немного быстрее Персеид. После их полета часто остаются нестойкие следы. Максимум потока наступает 27 июля, а через неделю — к 4 августа — поток едва заметен.



РАДИАНТЫ МЕТЕОРНЫХ ПОТОКОВ Персеид, β -Кассиопеид, δ -Акварид и α -Каприкорнид медленно смещаются относительно звезд со скоростью около 1° в сутки. За время действия они успевают проделать большой путь по небесной сфере, показанный толстыми сплошными линиями: I — Персеиды, II — β -Кассиопеиды, III — δ -Аквариды, IV — α -Каприкорниды. Названия потокам даны по латинскому названию созвездия, в котором находится радиант в период максимума активности

В это же время — с 20 июля по 10 августа — с юга летят более медленные метеоры δ -Аквариди. Во время максимума 30 июля их радиант расположен около звезды δ Водолея. По-видимому, это не один, а три потока с очень близкими радиантами. Их метеоры похожи друг на друга и обладают примерно одинаковыми геоцентрическими скоростями (около 43 км/сек). В южном полушарии поток δ -Акварид очень богатый, а в средних широтах северного полушария из-за низкого положения радианта над горизонтом часовые числа его метеоров обычно не превышают 10.

С 28 июля по 5 августа внимание наблюдателей привлекают блестящие, очень медленные, голубые метеоры — α -Каприкорниды с радиантом в созвездии Козерога. Геоцентрическая скорость α -Каприкорнид всего 26 км/сек. Их радиант тоже не поднимается высоко над горизонтом. В сочетании с малой геоцентрической скоростью это приводит к низким часовым числам — около 5. Максимум потока α -Каприкорнид приходится на самый конец июля.

После 5 августа α -Каприкорниды сменяются медленными, но белыми δ -Каприкорнидами. Их радиант расположен около звезды δ Козерога, между радиантами δ -Акварид и α -Каприкорнид. Часовые числа потока δ -Каприкорнид малы. Этот поток удастся наблюдать до 11 августа.

ЛЮБИТЕЛЬСКИЕ

ФОТОГРАФИИ

СОЛНЕЧНОГО ЗАТМЕНИЯ

22 СЕНТЯБРЯ 1968 г.

Члены Клуба юных техников Сибирского отделения АН СССР и Юношеской секции Новосибирского отделения ВАГО наблюдали затмение в Шадринске Курганской области. Эту фотографию они получили в момент полной фазы затмения (аппарат «Зенит-3М», объектив МТО-1000, пленка чувствительностью 65 ед. ГОСТа, выдержка 1 секунда)

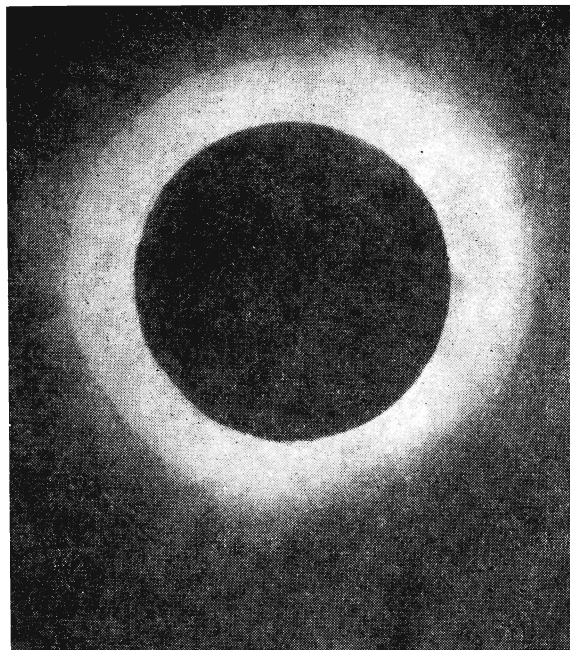
11—20 июля активен радиант α -Лирид. Обычно он дает в час около 10 слабых коротких метеоров. Во время максимума, 15 июля, радиант расположен около звезды α Лиры ($\alpha = 18^{\text{ч}} 35^{\text{м}}$; $\delta = +38^{\circ}$). Этот поток был открыт совсем недавно, в 1950 г., членами Симферопольского общества юных любителей астрономии. Активность потока тогда была очень велика: 100 метеоров в час!

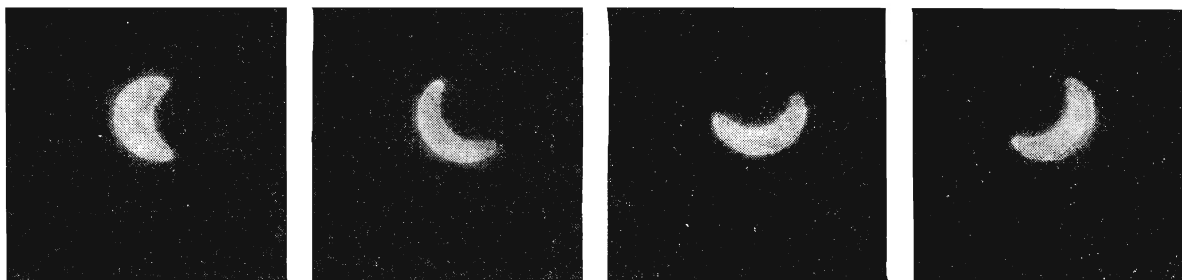
14—24 августа можно наблюдать Аквилиды. Около 20 августа их радиант, расположенный в созвездии Орла, имеет координаты $\alpha = 19^{\text{ч}} 50^{\text{м}}$; $\delta = +9^{\circ}$. Активность потока Аквилид была очень высокой в 1953 г.

17—18 августа 1955 г. неожиданно был отмечен обильный поток Цигнид с радиантом в созвездии Лебеда: $\alpha = 19^{\text{ч}} 20^{\text{м}}$; $\delta = +55^{\circ}$. Часовые числа метеоров потока достигали 200.

Перечень радиантов можно продолжить. Полный их список занял бы много страниц. Одновременность действия многих радиантов затрудняет их изучение. Чаще всего наблюдатели предпочитают следить за Персеидами и δ -Акваридами, а систематических наблюдений слабых потоков вовсе не проводят. Между тем такие наблюдения представляют большой научный интерес.

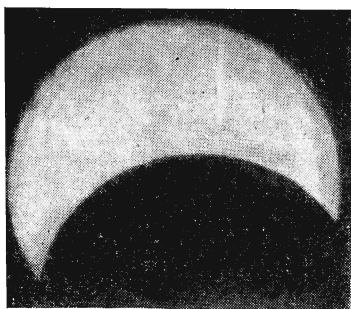
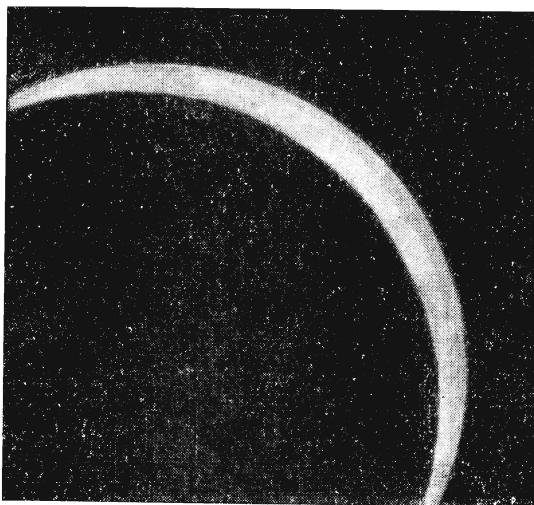
А.Н. СИМОНЕНКО
кандидат физико-математических наук



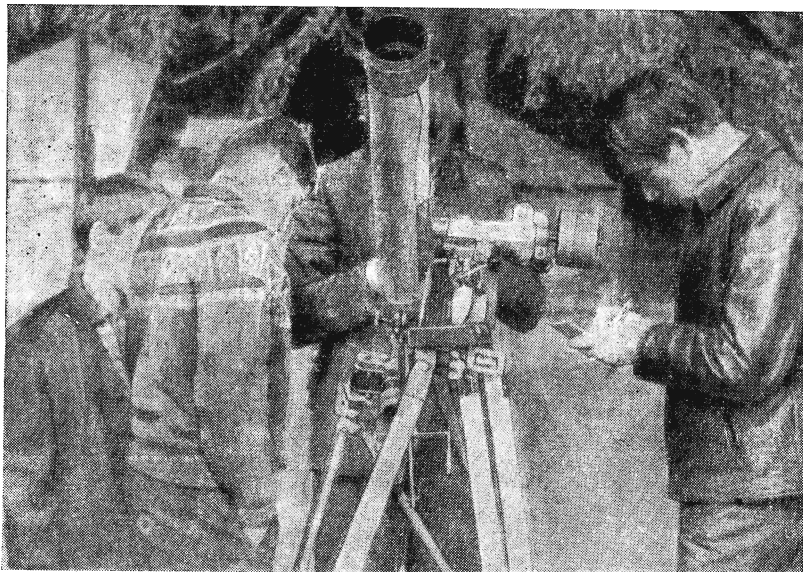


▲
 Эти последовательные фотографии частных фаз затмения сделаны в Томске Николаем Кувишиновым, учеником 10-го класса (аппарат «Зоркий», пленка чувствительностью 65 ед. ГОСТа, выдержка $\frac{1}{60}$ секунды)

Фотография частной фазы затмения, полученная на 80-миллиметровом телескопе учеником 8-го класса — Владимиром Васильевым, проживающим на станции Кыш Пермской области (аппарат «ФЭД-2», пленка «Кинопозитив МЗ-3-35», чувствительностью 3 ед. ГОСТа, выдержка $\frac{1}{500}$ секунды) ▶



Солнечное затмение наблюдали члены Винницкого общества юных любителей астрономии. В день затмения было облачно, поэтому на школьном телескопе-рефракторе удалось получить один хороший снимок частной фазы затмения (аппарат «Зенит-С», пленка чувствительностью 65 ед. ГОСТа, выдержка $\frac{1}{60}$ секунды)



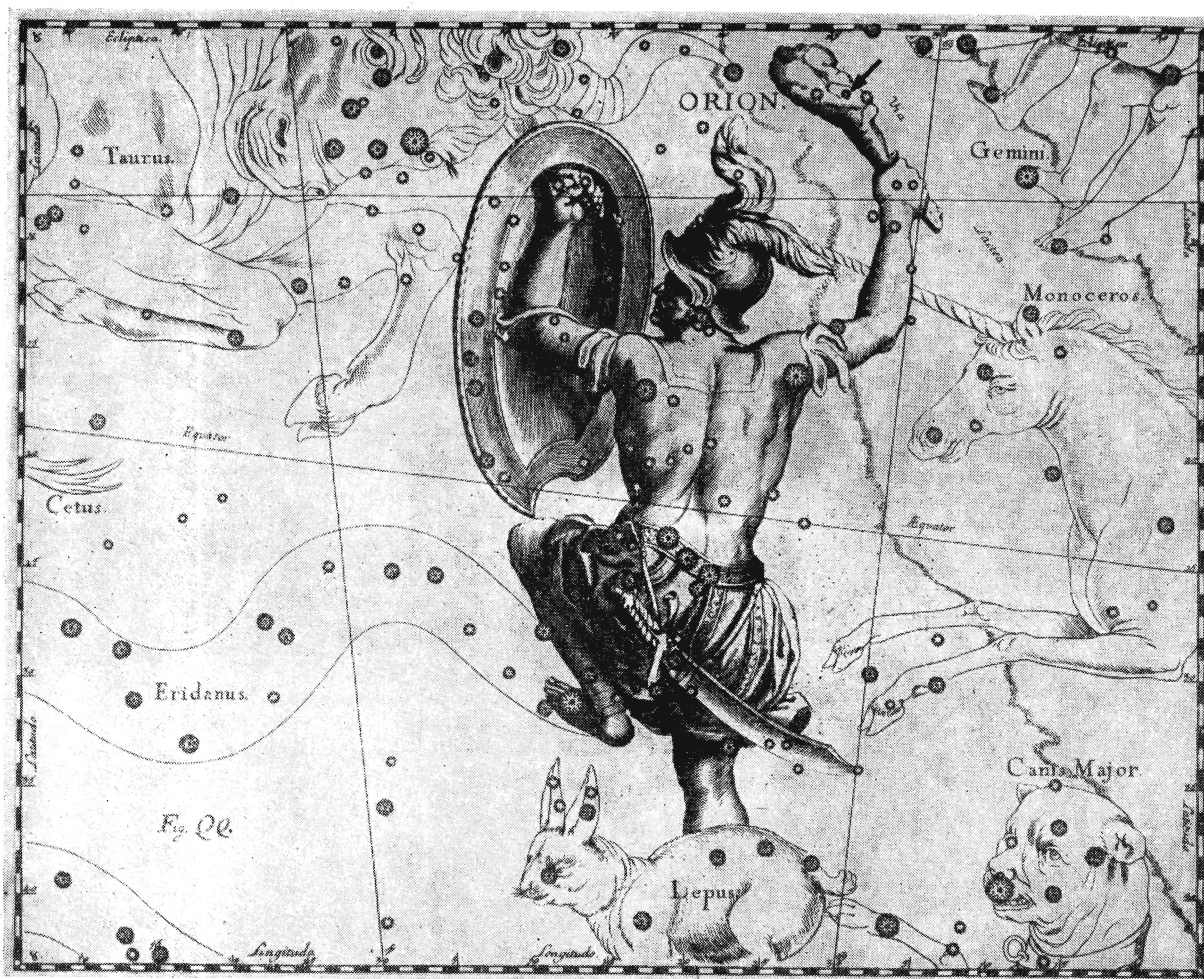
**ВСПЫХНЕТ ЛИ В
1969—1970 ГОДУ ЗВЕЗДА
ГЕВЕЛИЯ?**

В 1667 г. знаменитый астроном Ян Гевелий (1611—1689) наблюдал звезду 7-й величины между звездами χ^1 и χ^2 Ориона. Эту звезду он включил в свой «Атлас звездного неба»*

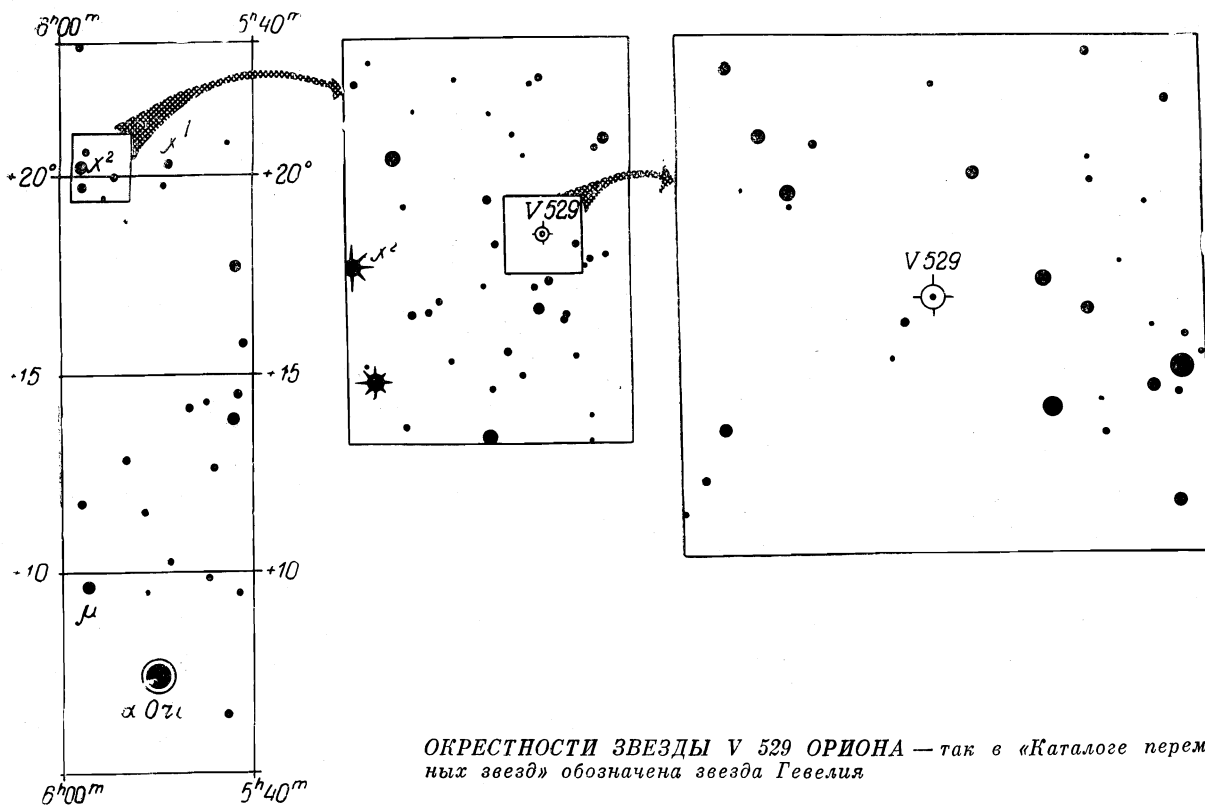
* См. «Атлас звездного неба Яна Гевелия». Изд. «ФАН», Ташкент, 1968 г.

Но уже в 1680 г. Д. Флемстид, измеряя положение четырех звезд χ (χ^1 , χ^2 , χ^3 , χ^4) Ориона, не нашел на небе звезды Гевелия. Затем таинственная звезда то появлялась в звездных атласах, то исчезала. Так, в «Uranographia Britannica» (52 звездные карты, основанные на меридианных наблюдениях, выполненных в 1738—1745 гг. английским астрономом Дж. Бе-

висом) как раз между звездами χ^1 и χ^2 — там, где была звезда Гевелия, — помещена на двух картах звезда 6-й величины, а на третьей — 7-й величины. Случайное совпадение представляется совершенно невероятным. Однако в знаменитом «Боннском обозрении неба» (1857—1863 гг.) Ф. Аргеландера этой звезды нет. В. Шекльтон, ничего не знавший о наблюдениях Гевелия и



КАРТА СОЗВЕЗДИЯ ОРИОНА из «Атласа звездного неба» Я. Гевелия (стрелкой отмечена звезда Гевелия). На этой карте звездное небо изображено как часть звездного глобуса, как будто мы видим небо-свод и звездное небо на нем не изнутри, а снаружи



ОКРЕСТНОСТИ ЗВЕЗДЫ V 529 ОРИОНА — так в «Каталоге переменных звезд» обозначена звезда Гевелия

Бевиса, сообщил, что 24 февраля 1894 г. между звездами χ^1 и χ^2 Ориона он обнаружил звезду 6–7-й величины, которая не значится на звездных картах. Правда, через три дня Шекльтон уже не увидел этой звезды. Однако предельная звездная величина телескопа Шекльтона нам не известна. Может быть, быстрое угасание звезды сделало ее недоступной для инстру-

мента, которым располагал Шекльтон.

Обилие данных, хотя и противоречивых, заставило включить звезду Гевелия в «Каталог переменных звезд», присвоив ей обозначение V 529 Ориона. Некоторые считают ее повторной новой. Тогда промежуток времени между вспышками можно оценить в 75 лет, и, следовательно, очередная вспышка этой звезды, возможно, произойдет в

1969–1970 гг. Координаты звезды V 529 Ориона: $\alpha = 5^h 57^m 07^s$; $\delta = +20^\circ 16', 4$ (1950,0).

Любителю астрономии, взявшему за правило смотреть в бинокль на звезды χ^1 и χ^2 Ориона всякий раз, когда увидит это созвездие, может повезти в ближайшие же месяцы разгадать тайну звезды Гевелия.

П. Г. КУЛИКОВСКИЙ
доцент

ЯРКИЕ ПЛАНЕТЫ В ИЮЛЕ — АВГУСТЕ 1969 ГОДА

Меркурий можно видеть в южных районах страны, в начале июля, утром, на северо-востоке, низко над горизонтом; наибольший блеск $-0^m, 0$.

Венера в июле — августе будет хорошо видна утром, перед восходом Солнца (блеск $-4^m, 0$).

Марс в июле виден в первой половине ночи, а в августе — вечером (блеск $-1^m, 5$). В эти месяцы планета находится в созвездии Скорпиона (наиболее благо-

приятные условия для наблюдения в южных районах страны).

Юпитер виден в июле, в первой половине ночи, в созвездии Девы (блеск $-1^m, 5$).

Сатурн хорошо виден во второй половине июля и в августе, после полуночи, в созвездии Овна (блеск достигает примерно $+0^m, 4$).

Звездный

атлас

Яна

Гевелия*



Среди звездных атласов, созданных трудами известных астрономов прошедших веков, достойное место занимает «Атлас звездного неба» выдающегося польского астронома Яна Гевелия. Этот атлас был издан в Гданьске в 1690 г. под названием «Uranographia totum caelum stellatum», или «Описание всего звездного неба».

«Уранография» Гевелия — последний труд, основанный на измерениях, произведенных без

оптических визиров. При этом точность угловых измерений, выполненных Гевелием, была настолько высока, что ее можно приравнять к точности измерений первыми угломерными инструментами с оптическими визирами (точность последующих измерений с оптическими визирами, произведенными Д. Флемстидом, Э. Галлеем и другими, была выше).

Для историков, любителей и популяризаторов астрономии «Уранография» Гевелия представляет большую ценность. Но через три века, отделяющих на-

шу эпоху от года первого издания «Уранографии», этот звездный атлас стал библиографической редкостью. Достаточно отметить, что в Советском Союзе сохранились только три экземпляра «Уранографии», поэтому звездный атлас Я. Гевелия был практически недоступен для изучения.

В июле 1968 г. Астрономический институт Академии наук Узбекской ССР и ташкентское издательство «ФАН» выпустили в свет новое издание «Уранографии» под редакцией и со вступительной статьей академи-

* Ян Гевелий. «Атлас звездного неба». Изд. «ФАН», Ташкент, 1968.

ка АН УзССР В. П. Щеглова. Атлас прекрасно оформлен и содержит 56 звездных карт, две аллегорические гравюры, портреты Д. Флемстида, Я. Гевелия и Улугбека, а также фотографии секстанта Фахри Самаркандской обсерватории Улугбека. На гравюрах звездного атласа среди знаменитых астрономов разных веков — Тимохариса, Гиппарха, Птолемея, ал-Баттани, Коперника, Тихо Браге, Яна Гевелия — изображен и Мухаммед Тарагай Улугбек (1394—1449). Это свидетельствует о признании наукой того времени выдающихся астрономических работ узбекских астрономов, составивших уникальный по своей точности звездный каталог 1018 звезд и таблицы движения планет.

В краткой, но очень содержательной (опубликованной на трех языках: узбекском, русском и английском) вступительной статье В. П. Щеглова рассказывается о научном значении астрономических работ Улугбека и подчеркивается, что эти работы неоднократно издавались в Европе и в Америке в XVII—XX вв. Во вступительной статье автор уделит внимание истории розысков места и раскопкам Самаркандской обсерватории Улугбека. В. П. Щеглов справедливо отмечает: «Обсерватория Улугбека — изумительный памятник одной из блестящих эпох развития астрономии на Востоке. Он зовет к новым поискам для изучения всей многогранной дея-



Ян Гевелий (1611—1687)

тельности самаркандских астрономов».

Издание звездного атласа Яна Гевелия — замечательный подарок к 2500-летию Самарканда, одного из древнейших городов нашей Родины. «Уранография» Гевелия и вступительная статья

В. П. Щеглова будут с интересом восприняты научными сотрудниками, преподавателями, учителями и всеми, кто в той или иной мере интересуется астрономией.

М. М. ДАГЛАЕВ
доцент

СОВЕТУЕМ ПРОЧИТАТЬ

КНИГА, РАЗОБЛАЧАЮЩАЯ ФИЛОСОФСТВУЮЩИХ БОГОСЛОВОВ

Читателям нашего журнала, интересующимся вопросами атеизма, мы советуем прочитать монографию известного советского философа И. А. Крывелова «Религиозная картина мира

и ее богословская модернизация». («Наука», 1968). Автор отмечает, что в последние десятилетия богословы все более настойчиво стараются доказать, будто религия не связана ни с какой картиной мира; религия, якобы, содержит в себе мировоззрение, а картину мира дает наука. Так ли это? Чтобы обоснованно ответить на данный вопрос, автор анализирует различ-

ные религии (иудаизм, христианство, ислам, буддизм) и широко использует материалы древних и современных религий.

Основное содержание книги: «Вселенная и Земля в религиозной картине мира», «Религиозные представления о сущности и происхождении жизни», «Религиозная картина мира и современное богословие».



КОСМИЧЕСКАЯ ФИЛАТЕЛИЯ

Полярные сияния на марках



Полярные сияния — удивительное и красочное зрелище. Неповторимая и загадочная игра цвета и форм поражает очевидцев. В высоких широтах полярные сияния можно видеть почти каждую ясную ночь, но наиболее интенсивны они после сильных солнечных вспышек.

Частицы, возбуждающие полярные сияния, посылает Солнце. Мощные потоки заряженных частиц рождаются в верхних слоях солнечной атмосферы. Пронизывая межпланетную среду, они проносятся мимо Земли, обтекая ее магнитное поле. Но не везде.

У магнитных полюсов Земли на высоте 2—3 тыс. км заряженным частицам удается проникнуть в геомагнитное поле. Они мчатся вдоль магнитных силовых линий и, «добежав» до верхней атмосферы, ионизируют и разогревают воздух. Так рождаются замечательные световые явления — полярные сияния.

Полярные сияния привлекают и филателистов. Марки с изображением полярных сияний особенно ценны, так как во всем мире издано только 26 марок и 2 блока. Их выпустили те страны, где можно видеть полярные сияния: СССР (8 марок и 2 блока), Исландия (2 марки), Гренландия (5 марок), Норвегия (1 марка), Финляндия (1 марка), Новая Зеландия (1 марка), Канада (1 марка), а также Франция, Англия и Австралия (по одной марке) — страны, которые проводят исследования в Антарктиде, и некоторые государства, участвовавшие в меж-



дународных программах научных исследований: Венгрия (2 марки), Монголия и Япония (по одной марке).

Из советских марок хотелось бы отметить две. На марке выпуска 1961 г., посвященной 250-летию М. В. Ломоносова, изображено полярное сияние типа драпри. Вероятно, художник поместил на марке полярное сияние как символ родины М. В. Ломоносова, но в этой композиции есть более серьезный смысл: Ломоносов первый начал изучать полярные сияния. В 1958 г. была выпущена марка, целиком посвященная исследованию полярных сияний по программе Международного геофизического года. На ней художник запечатлел лучистую полосу полярного сияния и камеру «всего неба». Этот прибор фотографирует весь небосвод на один

кинокадр; кинолента позволяет изучать динамику происходящих явлений. Остальные советские марки на сюжет полярных сияний посвящены: одна — 40-летию Гидрометеорологической службы, 4 марки и 2 блока — исследова-

ниям в полярных областях и одна (1961 г.) — эстонскому эпосу Калевипоэг.

На марках Венгрии, выпущенных по случаю МГГ и МГСС, показаны полярные сияния в Антарктиде. Особенно характерна марка из серии МГГ, где изображено относительно редкое, почти замкнутое сияние. На марке Монголии из серии МГСС заметна характерная для художников ошибка: лучи полярного сияния расходятся вверх. В действительности, лучи, скользящие вдоль геомагнитных силовых линий почти параллельно друг другу, наблюдатель видит их сходящимися. На большинстве же остальных марок полярное сияние изображается как атрибут высокоширотных областей.

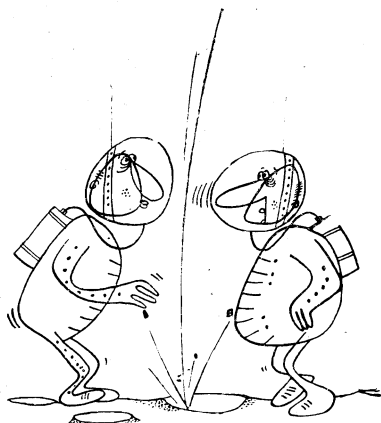
О. Л. ВАЙСБЕРГ

кандидат

физико-математических наук



МЕТЕОРНАЯ ОПАСНОСТЬ ВБЛИЗИ ЛУНЫ



Нужна ли вблизи Луны и на лунной поверхности особая защита корабля, инструментов и самих космонавтов от метеорных тел?

Ответить на этот вопрос помогли специальные эксперименты, проведенные советской автоматической станцией «Луна-10» и американскими аппаратами «Лунар Орбитер». Результаты регистрации метеорных частиц показали, что в межпланетном пространстве их поток мал и серьезной угрозы для космических кораблей не представляет. Вблизи Луны пространственная плотность частиц значительно больше, чем в межпланетном пространстве, и быстро возрастает по мере приближения к

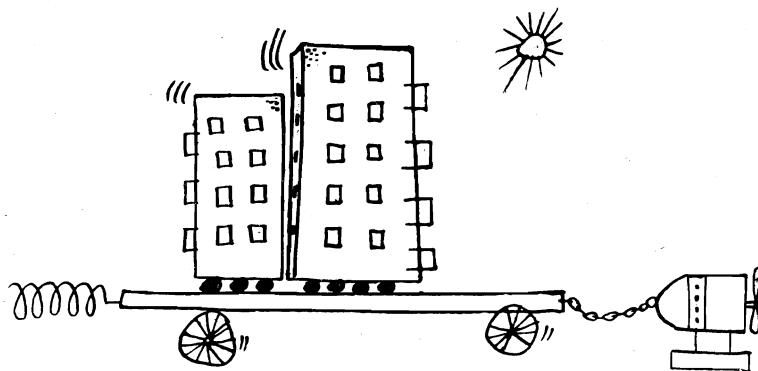
лунной поверхности. Здесь преобладают частицы вторичного происхождения. И это вполне закономерно. У Луны нет атмосферы, поэтому метеорные тела беспрепятственно достигают ее поверхности. При ударе их о поверхность происходит взрыв, из образовавшегося кратера извергаются осколки и метеорного тела, и лунного грунта. Эти вновь возникшие частицы увеличивают пространственную плотность пыли вблизи Луны. Однако частицы вторичного происхождения имеют небольшие скорости, их пробивающая способность низка, и потому метеорная опасность для космонавтов вблизи Луны оказывается лишь ненамного больше, чем в открытом космосе.

«Science», 161, 3840, 1968.

КАКОЙ ДОМ ЛУЧШЕ ВЫДЕРЖИТ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ?

Для того чтобы ответить на этот трудный вопрос, в Национальном университете Мехико проводятся интересные эксперименты. На вибрационной установке проверяется сейсмостойкость моделей, которые затем станут жилыми домами в сеймоопасных зонах. На платформе воспроизводятся самые различные грунты. Платформа движется только горизонтально, вертикальных колебаний нет. Макеты зданий на стальных шарах выдерживают подземные толчки с магнитудой до 7 баллов: качение шаров поглощает почти всю энергию толчка.

«Science News», 94, 16, 1968.



Орган секции физико-технических и математических наук
Президиума Академии наук СССР
и Всесоюзного астрономо-геодезического общества

Научно-популярный журнал
«Земля и Вселенная»

Редакционная коллегия:

Главный редактор доктор физ.-мат. наук Д. Я. МАРТЫНОВ
Зам. главного редактора доктор физ.-мат. наук И. А. ХВОСТИКОВ
Ответственный секретарь кандидат пед. наук Е. П. ЛЕВИТАН
Кандидат физ.-мат. наук В. А. БРОНШТЭН, доктор техн. наук
А. А. ИЗОТОВ, кандидат физ.-мат. наук И. К. КОВАЛЬ, кандидат
физ.-мат. наук М. Г. КРОШКИН, доктор физ.-мат. наук Р. В. КУ-
НИЦКИЙ, доктор физ.-мат. наук Б. Ю. ЛЕВИН, кандидат физ.-
мат. наук Г. А. ЛЕЙКИН, академик А. А. МИХАЙЛОВ, кан-
дидат физ.-мат. наук И. Д. НОВИКОВ, доктор физ.-мат. наук
К. Ф. ОГОРОДНИКОВ, доктор геол.-мин. наук Б. А. ПЕТРУШЕВ-
СКИЙ, доктор физ.-мат. наук В. В. РАДЗИЕВСКИЙ, доктор физ.-
мат. наук Ю. А. РЯБОВ, доктор техн. наук К. П. ФЕОКТИСТОВ,
академик В. Г. ФЕСЕНКОВ

При перепечатке ссылка на журнал «Земля и Вселенная» обязательна

2-я типография издательства «Наука», Москва, Г-99, Шубинский пер., д. 10

Адрес редакции: Москва В-333,
Ленинский пр., 61/1



Тел. 135-64-81
135-63-08

Художественный редактор
Л. Я. Шимкина

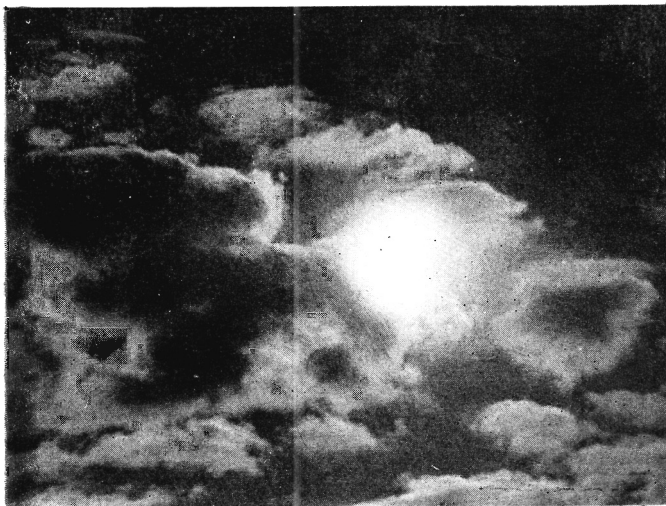
Корректоры: А. М. Балунова,
Г. Н. Нелидова

T-07906 Сдано в набор 28/II 1969 г.
Подписано к печати 12/V 1969 г.
Формат бум. 84×108¹/₁₆. Печ. л. 6,0 (10,08)
Уч.-изд. л. 9,6+1 вклейка
Тираж 39 000 экз. Цена 30 коп.
Заказ № 1914



**Любительские
фотографии
солнечного затмения
22 сентября 1968 г.**

Редакция благодарна любителям, приславшим фотографии, сделанные во время затмения. Публикуем лучшие из них (см. стр. 88).

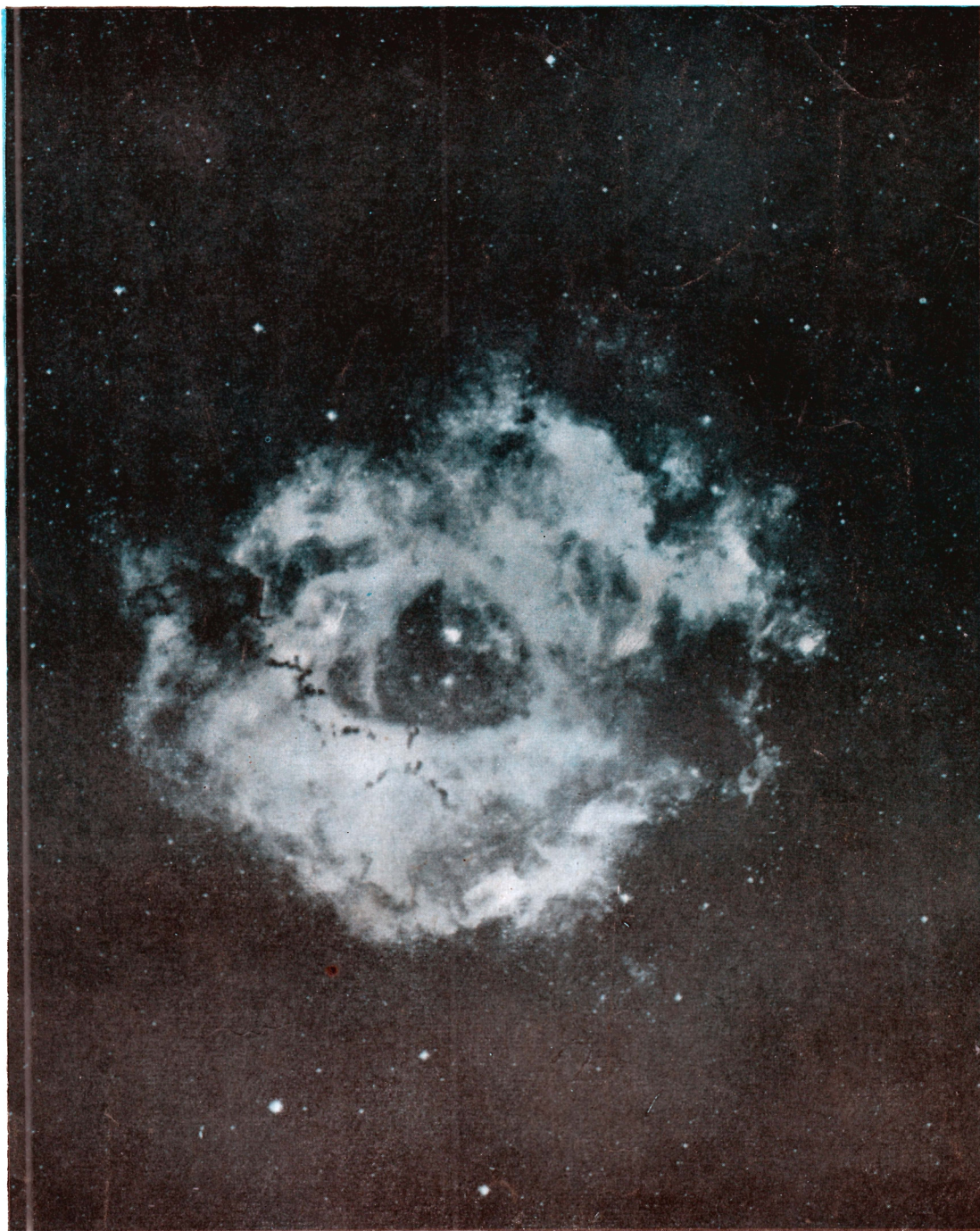


Фотографии частных фаз затмения, полученные А. Н. Дьяконовым в Новокузнецке Кемеровской области (аппарат «Кристалл», объектив «Юпитер-11», светофильтр Ж-18, пленка чувствительностью 130 ед. ГОСТа)



Цена 30 коп.

Индекс 70336



Издательство



«Наука»